

Ny informasjon om Sørishavets fangst av blåkval (*Balaenoptera musculus*) basert på loggbøker

Ole Edvard Bjørge

Masteroppgåve
Våren 2014



Institutt for Biovitenskap
Program for Marinbiologi og Limnologi

UNIVERSITETET I OSLO

Forord

Som ei vaskeekte landkrabbe frå Gudbrandsdalen, hadde eg som lektorstudent ikkje sett for meg at eg kom til å ende opp med å gjera ei oppgåve som handla om blåkval. Temaet var svært fjernt, både geografisk og metaforisk frå kva eg var vant til. Likevel så har emnet vore svært fascinerande og lærerikt.

Oppgåva vart gjennomført i ei hektisk periode 2013 – 2014, ved Institutt for Biovitenskap, Universitetet i Oslo. Eg vil særleg takke Karl Inne Ugland, som har gjeve meg gode og uunnverlege vegleiingar, døgntilgjengelege attendemeldingar og interessante samtalar om alt frå vikingtidas politikk til gurkemeie.

Vidare vil eg rette ein stor takk til Jan Ringstad og dei tilsette ved *Kommandør Chr. Christensens Hvalfangstmuseum* i Sandefjord, som tok meg vel imot, gav meg lov til å bruke originalloggbookene i arkiva deira og for å la meg sitte å jobbe der. Dessutan vil eg takke dei for invitasjonen til Kvalsymposiet i Sandefjord, der eg fekk høyre og veta mykje om kval som eg aldri kjem til å gløyme.

Eg vil også takke medstudentar frå inn og utland for at dei har gjort studiane og kvardagen min rikare.

Samandrag

Blåkvalen (*Balaenoptera musculus*) er det største dyret som har levd på jorda, men i løpet av den fyrste halvdel av det 20 hundreåret vart han nesten utrydda på grunn av jakt.

Loggbøkene brukt i denne undersøkinga høyrer til *Hvalfangstmuseet i Sandefjord* som har mykje av arkivmateriale knyta til den historiske kvalfangsten. I denne undersøkinga er 56 loggbøk gjennomgått med til saman fangst av 12 747 blåkval for åra 1932/33 til 1962/63.

Ordinær lineær regresjon viste at kvalfangstselskapet Thor Dahl A/S, er ein svært god representant for den samla antarktiske fangstflåten. Nedgangen i tida dei møtte på blåkval ute på jakt, kan approksimerast svært godt med statistiske modellar. Tilpassinga med rette linjer, andregrads polynom og rette linjer med knekkpunkt, viser at nedgangen akselererte på 1950-talet, og at 1958 representerer eit vendepunkt der einslege kval eller grupper på berre to dyr plutsleg byrja å dominere kraftig på fangstfeltet. I tillegg kan ein ut frå loggbøkene finne trendar i posisjonane for fangstane. Dette avslørar at fangstmengda av blåkval sør og nord for 60°S forandra seg kraftig, og frå 1930- talet til 1960- talet vart ein stadig større del av fangsten konsentrert i sør. Ei estimering av den reelle fangstinnsatsen er vanskeleg fordi jaktintensiteten stadig auka, slik at den verkelege nedgangen difor må ha vore større enn den gjev seg ut for. Informasjon om vêrforholda på fangstdagane viste at blåkval kunne bli fanga i nær sagt all slags vêr mindre enn storm styrke, men også at dagens kriterier for blåkvalobservasjon er ganske lik den som kvalfangarane opererte under. Dersom ein likevel går ut ifrå at fangstane er proporsjonal med blåkvalbestanden, får ein at bestanden i 1960- åra var 1-4% av den opphavlege storleiken. Talletokt i tidsrommet 1981 – 1996 viser heldigvis at bestanden no er i svak vekst.

Innhald

1 Introduksjon	1
1.1 Grunnlaget for denne undersøkinga	1
1.2 Blåkvalens biologi.....	2
1.2.1 Blåkvalens biologi.....	2
1.2.2 Krill	3
2 Materiale og Metode	4
2.1 Materialet	4
2.2 Vind og Vêr.....	5
2.2.1 Sjøgang.....	6
2.2.2 Vindstyrke	6
2.2.3 Sikt	6
2.2.4 Alternativ vêrindeks	6
2.2.5 Fangstområdanes forskyving.....	7
2.3 Statistiske metodar	7
2.4 Omfanget av informasjon i loggbøkene	8
3 Resultat.....	9
3.1 Representabiliteten av Thor Dahl sin fangsthistorie	9
3.2 Fangsten	9
3.3 Vêret	13
3.3.1 Sjøgang.....	13
3.3.2 Vindstyrken	15
3.3.3 Sikten.....	17
3.3.4 Indeks for vêrforholda.....	20
3.4 Fangstområdanes forskyving.....	20
4 Diskusjon.....	22
4.1 Forandringa i dagsfangsten	22
4.2 Sannsynet for å møte på blåkval (møteprosenten)	22
4.3 Blåkvalens gruppestruktur.....	23
4.4 Fangst av 1 eller 2 blåkval.....	25
4.5 Vind og Vêr.....	25
4.5.1 Sjøgang.....	25
4.5.2 Vind.....	26
4.5.3 Sikt	27
4.5.4 Vêrindeksen.....	27
4.6 Fangstområdanes forskyving.....	28
4.7 Estimering av kvalbestanden.....	29
4.7.1 Moderne telletokt og deira resultat.....	30
5 Framtidig forskning	31
6 Konklusjon.....	32
Referansar.....	34
Appendiks	37

1 Introduksjon

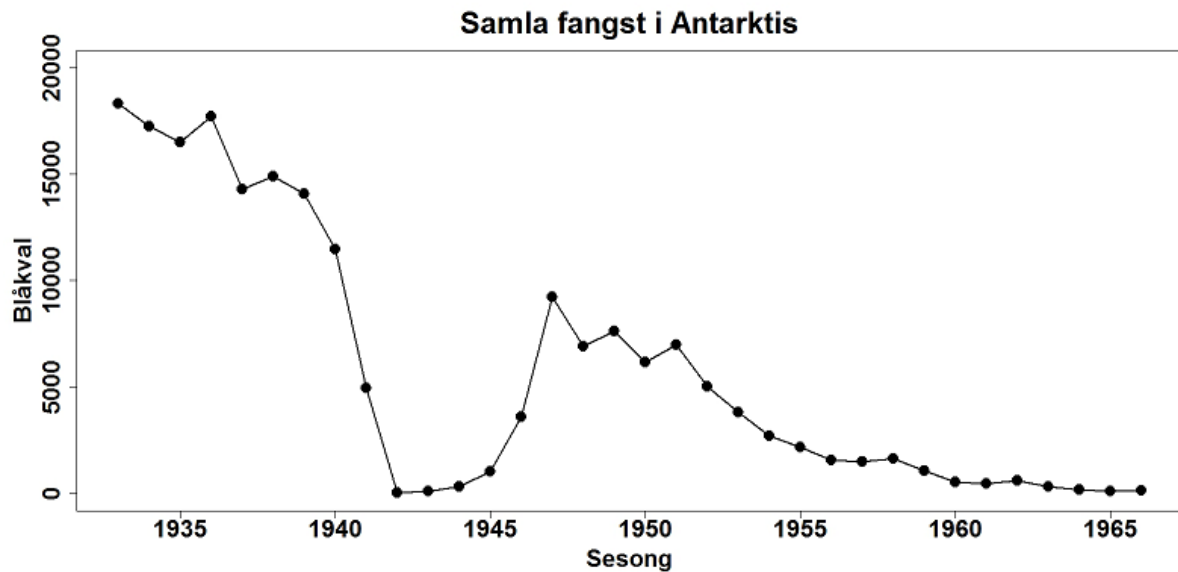
1.1 Grunnlaget for denne undersøkinga

Få dyr har vore utsett for så stor jakt som verdas store kvalartar. Blåkvalen (*Balaenoptera musculus*) finst i alle verdshav (Bannister, *et al.*, 2013), men den største tettleiken av denne arten vart observert i Sørishavet i sommarhalvåret rundt Antarktis (Small, 1971). Store skip vart bygd om til kvalkokeri som kunne vera på havet i månadsvis og ta imot fangsten frå jaktbåtane (Tønnesen, 1970). I Noreg vart kvalfangst ein viktig næringsveg og mange kvalfangarselskap vart oppretta, der eitt av dei «Thor Dahl A/S», dannar grunnlaget for denne oppgåva. Det var allereie i 1930- åra tale på at fangsten av blåkval var for stor til at den kunne oppretthaldast, men svært lite vart gjort (Small, 1971). Berre eit lite «pause år» i 1931/32 da verdshandelen låg nede pga. den økonomiske krise og overproduksjon av kvalolje i åra før, samt 2. verdskrig, gav nokre opphald i fangsten (Small, 1971). Etter krigen sette kvaljakta i gang att for fullt, og i løpet av dei neste 20 åra vart blåkvalen nesten utrydda før han vart totalfreda i 1966. Sidan den gongen har havets kjempe vore eit svært sjeldan syn.

Fangsten av blåkval byrja i Antarktis i 1904/05 sesongen, og voks kraftig fram til rundt 1930 med eit toppår i 1930/31, der det var teke 29 409 blåkval (Branch, *et al.*, 2004). Undersøkinga mi byrjar i 1932/33 sesongen og dekkjer altså nedgangen i blåkvalfangsten etter toppåret i 1930/31. Eg har gått gjennom loggbøkane som inneheld opplysningar om 12 747 blåkval som vart fanga frå 1932/33 til 1962/63 sesongen da Thor Dahl A/S sist fanga blåkval.

Nedgangen i den årlege fangsten til verdsflåten var frå om lag 18 000 i året tidleg på 1930-talet til nokre få hundre dyr midt på 1960- talet (Figur 1). Ved å følgje loggbøkane til Thor Dahl A/S skulle det vera mogleg å få belyst følgjande problemstillingar:

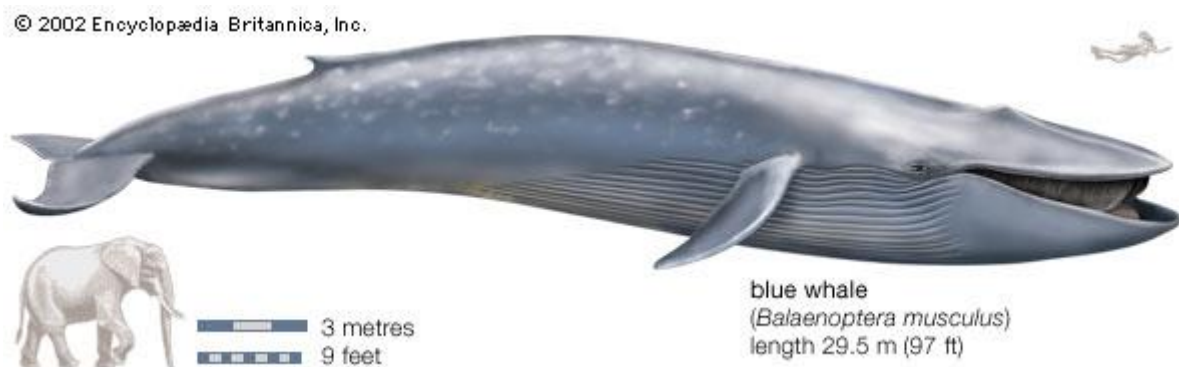
1. Kor ofte møtte dei på blåkval i fangstsesongen og korleis forandra denne møteprosenten seg frå 1933 til 1963?
2. Korleis påverka vind, bølgehøgde og sikt fangsten?
3. Korleis forandra fangsten seg nord og sør for 60°S breiddegrad?
4. Korleis kan nedgangen i fangstane brukast til å estimere mengda blåkval i Sørishavet?



Figur 1. Den årlege blåkvalfangsten til verdsflåten i Antarktis frå 1932/33 til fredinga sesongen i 1965/66.

1.2.1 Blåkvalens biologi

Blåkvalen (*Balaenoptera musculus* Linnaeus, 1758) (Jenkins, 1932) kan bli opptil 30 meter lang og vega over 160 tonn (Mizroch, *et al.*, 1984). Kvalen er også det største av alle nolevande dyr, og det største dyret som nokon gong har levd (Budker, 1958). Arten delast vanlegvis opp i tre underartar, *B. m. musculus* på den nordlege halvkule, den antarktiske *B. m. intermedia* som er den største og tidlegare den mest talrike, og *B. m. brevicauda*, pygmeblåkvalen, i Indiahavet nord for 55°S (Bannister, *et al.* 2013). I utsjånad er blåkvalen ein svært avlang bardekval med ei veldig lita dorsalfinne langt bak på ryggen (Figur 2). Farga til kvalen er nærmast blågrå på ryggen og langs sidene, medan undersida er noko lysare. Den lyse undersida langs buken skuldast ein gulaktig biofilm av diatomer (Budker, 1958). Blåkvalen kan lage svært høge lydar som kan høyrast på minst 314 kilometers avstand (Gedamke & Robinson, 2010). Ein kval som ser ut til å reise åleine, kan difor godt ha ein eller fleire følgesvennar nokre kilometer unna.



Figur 2. Storleiken til blåkval (Encyclopædia Britannica Online blue whale, 2002)

Blåkvalen ferdast som oftast åleine eller saman med ei make (Small, 1971). Større grupper førekjem berre i områder med mykje krill der det kan vera fleire titals individ samla for å beite (Small, 1971). Blåkvalen vandrar mot arktiske strøk om sommaren for å beite på krill (*Euphausia superba*), og mot subtropiske strøk om vinteren for å kalve (Budker, 1958). Ein kval på 80 tonn et minst 2 tonn krill om dagen (Mackintosh, 1970). Derfor reiser blåkvalen på den sørlege halvkule til Antarktis, der det er store førekomstar av krill (Small, 1971).

Blåkvalen kan ved hjelp av bukturene som utvidar seg, gape over mange tonn vatn og krill på ein gong (Budker, 1958). Blåkvalen har om lag 300-400 svarte, 50-100 cm lange bardar på kvar si side av munnen, og ved hjelp av tunga, presses deretter vatnet ut medan krillen blir att i bardane (Budker, 1958). Eit dykk etter krill varar ikkje lenge, og skjeldan opp til 30 minutt (Jefferson, Leatherwood, & Webber, 1993).

Paringa skjer i løpet av vinteren, og etter eitt år blir ein sju meter lang kalv født (Mizroch, Rice, & Breiwick, 1984). Alder ved kjønnsmodning er ca. 5-10 år, og hoene får ein unge med 2 til 3 års mellomrom (Mizroch, Rice, & Breiwick, 1984). Den seine forplantinga og det store fangstpresset medførte at bestanden sank fort mellom 1935 og 1955.

Utbreiinga av blåkval på den sørlege halvkule og i det nordre Indiske hav, er med unntak av den australske sommaren, dårleg kjent (Small, 1971) (Branch T. A., *et al.*, 2007). Blåkval et i all hovudsak krill, og det har lenge vore kjent at blåkvalen vandrar til dei polare beiteområdene om sommaren og reiser til meir tempererte områder om vinteren (Mizroch, Rice, & Breiwick, 1984). Akustiske undersøkingar tyder så langt på at det også er ein blåkvalpopulasjon til stades heile året rundt i Antarktis, i tillegg til dei som migrerer dit under den australske sommaren (Sirovic, Hildebrand, Wiggins, & Thiele, 2009). Mesteparten av lydane frå blåkvalen blir registrert i november og februar til mai. Det er på denne tida dei migrerer til og frå Antarktis for å beite krill. Den lange tida med kvalsong frå februar til mai gjev indikasjonar på at dyra ikkje reiser på likt, men litt etter kvart (Sirovic, Hildebrand, Wiggins, & Thiele, 2009). Nærme Antarktis inn til iskanten, ser blåkvalane ut til å vera til stades i lange band som strekk seg langs heile havbassenget medan dei ved lågare breiddegradar, opptreir meir i flokk og samlast langs kontinentalstupa (Branch T. A., *et al.*, 2007). Dette skuldast nok biogeografien til antarktisk krill som fordelar seg på denne måten (Mackintosh, 1970).

1.2.2 Krill

Antarktisk krill (*Euphausia superba*) er eit krepsdyr som opptreir i svært store mengder i Sørishavet og er mat for kval og andre sjøpattedyr og fugl (Makarov, Naumov, & Shevtsov, 1970). Han kan bli 60 mm lang, veg ca. 2 gram og lev til å bli 6-7 år gamal (Havforskningsinstituttet, 2012). Dei held til i dei øvste 100 metrane i vassøyla og kan danne utruleg store stimar som er fleire kilometer lange, der tettleiken kan koma opp i 10 000 til 30 000 individ per m³ (Havforskningsinstituttet, 2012). Utbreiinga er hovudsakleg avgrensa til havområder som er dekkja til med is om vinteren (Scnack-Schiel, 2003).

2 Materiale og Metode

2.1 Materialet

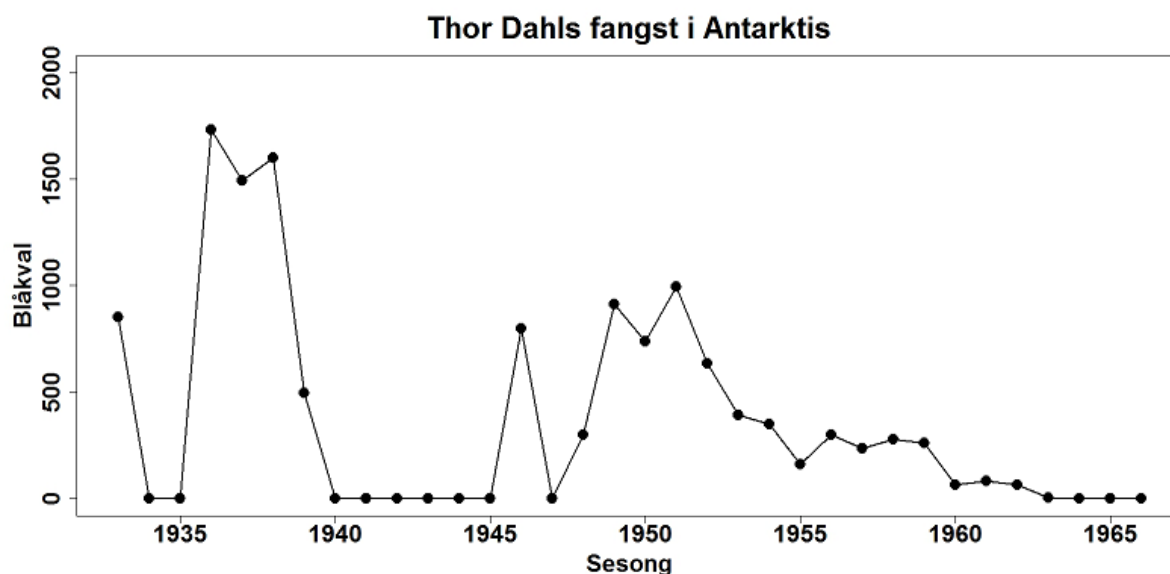
Denne studien tek for seg fangsten av sørleg blåkval (*B. musculus intermedia*) i Sørishavet, og byggjer på fangststatistikken til kvalfangstselskapet Thor Dahl A/S. Kvalfangsttida i Antarktis gjekk føre seg i løpet av den australske sommaren og skipa fekk dermed med seg årsskiftet desember – januar. Årstalet for ein samanhengande fangstsesong går difor over frå eit år til det neste, t.d. vil start i desember 1950 og slutt i mars 1951 skrivast som 1950/51 sesongen i teksta. På grafane vil det av plassmessige årsakar berre vera avsluttingsåret for nemnte sesong som skrivast, 1950/51 sesongen blir med andre ord 1951 sesongen. Fangstane til selskapet Thor Dahl A/S er vist i Figur 3.

Thor Dahl A/S dreiv med fangst av store kvalartar, hovudsakleg i Sørishavet, med base i byen Sandefjord i Noreg. Thor Dahl A/S hadde tre store kvalkokeri. Desse bestod av to tidlegare store tankbåtar og ein tidlegare passasjerbåt, som var bygd om til skip som kunne ta imot, slakte og prosessere kval ute på havet (i praksis flytande fabrikkar). Etter krigen vart to av desse erstatta med nye, spesialbygde kvalkokeriskip. Kvart kokeri (kalla ein ekspedisjon) var følgt av ei flåte med mindre, og raskare jaktbåtar som leita etter og skaut kval i havet omkring. Talet på jaktbåtar var på 1930-talet rundt 6 – 8 stk. per kokeri kvart år. På 1940, 50 og 60-talet kom talet opp i 8 - 15 jaktbåtar per kokeri (Appendiks 1, Tabell 4), og såleis auka jaktintensiteten i takt med at det vart færre kval.

Det vart skrive fangstloggbooker frå tida i Antarktis (Sørishavet). Loggbøkene startar med eit kvalkokeri den eine sesongen i 1932/33, for deretter å utvide med 2- 3 Kvalkokeri frå og med sumarsesongen 1935/36 fram til 1938/39 sesongen. I sesongane etter krigen deltok selskapet Thor Dahl A/S med eit varierende tal på kokerier fram til det siste året med blåkvalfangst 1962/63. Kvalkokeria har saman med jaktbåtane i løpet av desse åra vore rundt heile Antarktis, frå Weddelhavet i vest til Ross havet i aust, frå Bouvetøya i nord til iskanten i sør, og såleis gjort fangst som kan representera dei aller fleste stadane blåkval vart fanga. Denne konsistente deltakinga gav god grunn til å forvente at fangsthistoria til Thor Dahl A/S gjev eit representativt bilete av utviklinga av blåkvalfangsten i Sørishavet.

All informasjon om fangsten (art og antal) med tilhøyrande, skipsposisjonar, datoar, vêrforhold vart overført til Excel-ark frå dei originale skipsloggbookene på *Hvalfangstmuseet* i Sandefjord våren og sumaren 2013 (Appendiks 2 for korleis dette vart gjort). I Appendix 1 og 3 er det gjeve ei meir detaljert skildring av fangstflåten i Sørishavet og deltakinga til selskapet Thor Dahl A/S. Når det gjelder tala for den *totale* Antarktiske fangsten, så er desse henta frå artikkelen «Evidence for Increases in Antarctic Blue whales based on Bayesian Modelling» henta frå (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004).

Kvalkokeria bestod av Solglimt, Ole Wegger Thorshavet, Thorshøvdi og Thorshammer. Loggbøkene var registrerte med tilhøyrande sesongar i parentes: Solglimt (1932/33 og 1935/36 – 1937/38 sesongen), Ole Wegger (1935/36 - 1938/39 sesongen), Thorshammer (1935/36 – 1938/39, 1945/46 og 1947/48 – 1961/62, Thorshavet (1948/49 – 1962/63), Thorshøvdi (1948/49, 1950/51 – 1962/63). Her må det merkast at i 1952/53 sesongen hadde Thorshøvdi og Thorshavet fellesdrift. Blåkvalsesongen var hovudsakleg frå desember til mars, og seinare februar til mars/april (Appendiks 1, Tabell 1).



Figur 3. Den årlege blåkvallfangsten til Thor Dahl i Antarktis frå 1932/33 til deira siste sesong i 1962/63. I desse åra fanga Thor Dahl 12 747 blåkvall, noko som utgjer 9.6% av den totale fangsten av verdsflåten i dei same sesongane.

2.2 Vind og Vêr

Det er naturleg å tenke seg at forskjellige vêrforhold har innverknad på fangstsuksessen, og særleg ute på Sørishavet som er kjent for å vera stormfult. Difor har eg sett etter korleis vêret var på dei ulike fangstdagane for og sjå kor stor denne påverknaden var.

Visuell observasjon var måten kvalfangarane brukte for å finne kvalane, og dette har også lenge vore den viktigaste måten for moderne blåkvallobservasjon. *Den Internasjonale Hvalfangstkommissjonen (The International Whaling Commission) IWC*, har sett opp kriteria for vêrforhold det er best å leite etter blåkvall. Eg har gått ut frå at desse stemmer omtrent med dei forholda som datidas kvalfangarar også kunne jakte under, men med atterhald at datidas «akseptable» fangstforhold kunne vera noko grovare enn hjå dagens observasjonar. For moderne blåkvallobservasjon (frå skip) reknar dei forhold (International Whaling Commission, 2012) der det er mogleg å oppdage utblåsinga til kvalen, eller sjølve kvalen, på ein avstand på minst 1.5 nautiske mil (2778 m). Ei vindstyrke på mindre enn 25 knop (sterk bris: 12.86 m/s) og ein sjøgang på Beauforts skala på mindre enn 6 (høg sjø: 4 – 6 m). Det er opptil søkeleiaren (Cruise Leader) å avgjera om sikta på staden er god nok, eller om dei må reise til ein annan stad for å unngå t.d. tåke eller sterk morgon eller kveldssol (International Whaling Commission, 2012).

2.2.1 Sjøgangen er delt inn i 9 kategoriar (Met Office, 2014):

0. Havblikk utan bølger:	0 meter.
1. Småkruset med bølgehøgde:	0 – 0.1 m.
2. Smul sjø:	0.1 – 0.5 m.
3. svak sjø:	0.5 -1.25 m.
4. Noko sjø:	1.25 – 2.5 m.
5. Mykje sjø:	2.5 – 4 m.
6. Høg sjø:	4 – 6 m.
7. Svær sjø:	6 – 9 m.
8. Opprørt hav:	9 – 14 m.
9. Usedvanleg opprørt hav med bølger:	14+.

2.2.2 Vindstyrken deles inn i 12 kategoriar etter Beauforts skala (Meteorologisk Institutt, 2010):

0. Stille:	0 – 0.2 meter pr. sekund.
1. Flau vind:	0.3 – 1.5 m/s.
2. Svak vind:	1.6 – 3.3 m/s.
3. Lett bris:	3.4 – 5.4 m/s.
4. Laber bris:	5.5 – 7.9 m/s.
5. Frisk bris:	8.0 – 10.7 m/s.
6. Liten kuling:	10.8 – 13.8 m/s.
7. Stiv kuling:	13.9 – 17.1 m/s.
8. Sterk kuling:	17.2 – 20.7 m/s.
9. Liten storm:	20.8 – 24.4 m/s.
10. Full storm:	24.5 – 28.4 m/s.
11. Sterk storm:	28.5 – 32.6 m/s.
12. Orkan:	32.6 + m/s.

2.2.3 Sikten er delt inn i tre kategoriar:

1. Klarvær, lettsky, halvklart, sky og oversky gjev sikt 1.
2. Disig, lettare regnbyger, lett snøfall gjev sikt 2.
3. Tåke, mørke, regn, torden, tungt snøfall gjev sikt 3.

2.2.4 Alternativ vêrindeks

Det er som regel samvariasjon mellom dei ulike komponentane av vêrforholda. Til dømes vil vindstyrke kunne påverke både bølgehøgde og sikt, alt etter styrke. Likeeins som sol, regn og tåke også påverkar sikten. Difor har eg ganga saman verdiane for dei ulike kategoriane, *vind*, *sjø* og *sikt* for å sjå under kva for vêrforhold som førde til mykje og lite fangst. Utrekninga av denne integrerte indeksen er ganske enkel. Ved å gange saman vindstyrke (maks 12) og sjøgang (maks 9) gjev det eit tal opp til 108, og ved å gange dette talet att med vêrforholda 1-3, kan ein få ein talverdi opp til 324 der høgare verdi tilsvarear dårlegare vêr, men i praksis overgjekk verdiane aldri 150.

Resultatet vart lagt opp langs ein y-akse, medan x-aksen er talet på kval fanga under desse forholda. Fordi det ville vorte svært mange verdiar oppover langs y-aksen (verdiar for 1-324) er desse delt opp i steg på 20 verdiar om gongen. Skalaen langs y-aksen går difor frå 1-12, der verdien 1 er 1-20, 2 er 21-40 osv. Det vart venta at resultatet skulle vise at di høgare tal

(dårlegare vêr), di færre blåkval vart fanga. Sidan det å gange med 0 tek bort så mykje informasjon, så har alle 0- verdier i sjøgang- og vindfigurane fått verdien 1 der desse skulle brukast til og rekne ut vêrforholda. Dette skulle i og for seg ikkje vera eit alvorleg problem da ein verdi ganga med 1 ikkje aukar. Dessutan er forskjellen på 0 og 1 verdiane i denne samanhengen i praksis så liten at t.d. vindstyrke eller sjøgang på 0 eller 1 ikkje er stort forskjellige frå kvarandre. I nokre av loggbøkene var det skrive spesifikk på dei dagane da det var for dårleg vêr til å fange kval (av alle artar), så å telle desse dagane, var enkelt. Andre loggbøker (på andre skip) var derimot utan slike merknadar, for å finne ut korleis vêrforholda påverka fangsten til desse, har eg sett på dagar utan innlevert kval av nokon art, og kva vêr det var dei dagane. Dette kunne medføre ulike kombinasjonar av bølgehøgde og vindstyrke i kombinasjon av bl.a. snø, regn og tåke.

2.2.5 Fangstområdanes forskyving

Sjølv om blåkval kvart år migrerer til iskanten i Sørishavet for å beite krill (Branch T. A., *et al.*, 2007), viser nedteikningar i fangstloggbøkene at tidlegare skjedde mykje av fangstane lenger ut frå iskanten enn seinare. Difor er det interessant å undersøke kor stort dette skiftet var. Grensa for sør/nord er sett på 60°S, sidan det er sør for dette at moderne kvalteljing går føre seg (Branch T. A., 2007). Ein anna grunn til denne oppdelinga er at kvalfangarane prosentvis brukte like mykje av tida sør og nord for 60°S, før og etter krigen.

2.3 Statistiske metodar

Eg har brukt læreboka til Crawley (Crawley, 2007) for å utføre dei statistiske testane.

For å undersøke kor mykje samvariasjon det er mellom to variablar y og x har eg fyrst plotta y mot x i eit scatterdiagram (punktdiagram). I dei fleste tilfella har det vore tilstrekkeleg å approksimere y- verdiane med lineær eller kvadratisk modell av x- verdiane. Forventningane til den tilfeldige variabelen som representerer y- verdiane kan da skrivast som:

$$E[Y|x] = a + b \cdot x \quad (\text{lineær modell})$$

$$E[Y|x] = a + b \cdot x + c \cdot x^2 \quad (\text{kvadratisk modell})$$

Legg merke til at sjølv om den kvadratiske modellen er eit annengradspolynom i x, så er sjølve modellen lineær fordi annengradsleddet i x dvs. x^2 , oppfattas som eit eiga ledd, så formelen for gjennomsnittet av Y (dvs. $E[Y|x]$) da blir eit lineært uttrykk i to variablar, nemlig x og x^2 . Estimata av koeffisientene a, b og c oppnås ved å minimalisere kvadratet av differensen mellom den observerte y- verdien og den forventa y- verdien $E[Y|x]$. I statistikkprogrammet R utføres denne estimeringa ved kommandoene (lm står for linear model):

```
linearModel <- lm(y ~ x)
```

```
quadraticModel <- lm(y ~ x + x^2)
```

For å teste om den kvadratiske modellen er signifikant betre enn den lineære modellen sjekker ein om utvidinga med kvadratleddet x^2 gjev eit signifikant lågere restledd enn det den lineære modellen har. Sidan den lineære modellen framkommer frå den kvadratiske modellen ved å setta parameteren c til null, så dannar dei to modellane eit nesta system og difor kan

signifikansen av den største modellen (kvadratiske) testes ved ein anova-test: I R utførast denne testen ved kommandoen `anova(linearModel, quadraticModel)`.

I nokre tilfelle er ikkje approksimasjonen av den lineære og kvadratiske modellen tilfredsstillande, sjølv om dei bae er signifikante. Det skuldast at restledda er for store. Det er da anbefalt å fyrst studere forløpet av ei glatta kurve gjennom ein punktsverm ved hjelp av ein funksjon kalla LOWESS (locally weighted scatterplot smoothing). Dersom den glatta kurva bøyer av frå ei rett linje, er det ein god indikasjon på at det er anbefalt å approksimere y-verdiane ved ei linje som har eit knekkpunkt. Dette knekkpunktet estimerast saman med regresjonslinjene før og etter knekkpunktet. I R utførast denne estimeringa ved hjelp av pakken «segmented».

2.4 Omfanget av informasjon i loggbøkene

Eg har for Thor Dahl talt 12 747 blåkval som vart fanga frå 1932/33 til 1962/63 sesongen, da dei sist fanga blåkval. Den totale fangsten av blåkval i Antarktis var i løpet av dei same åra på 132 098 dyr. For kvalkokeriet *Thorshøvdi* sesongen 1953/54 manglar vêrinformasjonen, og kunne difor ikkje nyttast i vêrdokumentasjonen dette året. Det er også mistanke om at det var drift av fleire skip på 1930- og 1940- talet, utan at loggbøkene vart teke vare på (særleg 1933/34, 1934/35, og 1946/47 sesongen. I tillegg mangla ei bok for 1938/39 sesongen som difor i fleire utrekningar ikkje blir teke med). I Tabell 1 under, er det merka av kva for sesongar det var 1 eller 2 kokeri, dei umerka sesongane hadde alle 3 kokeri i fangst.

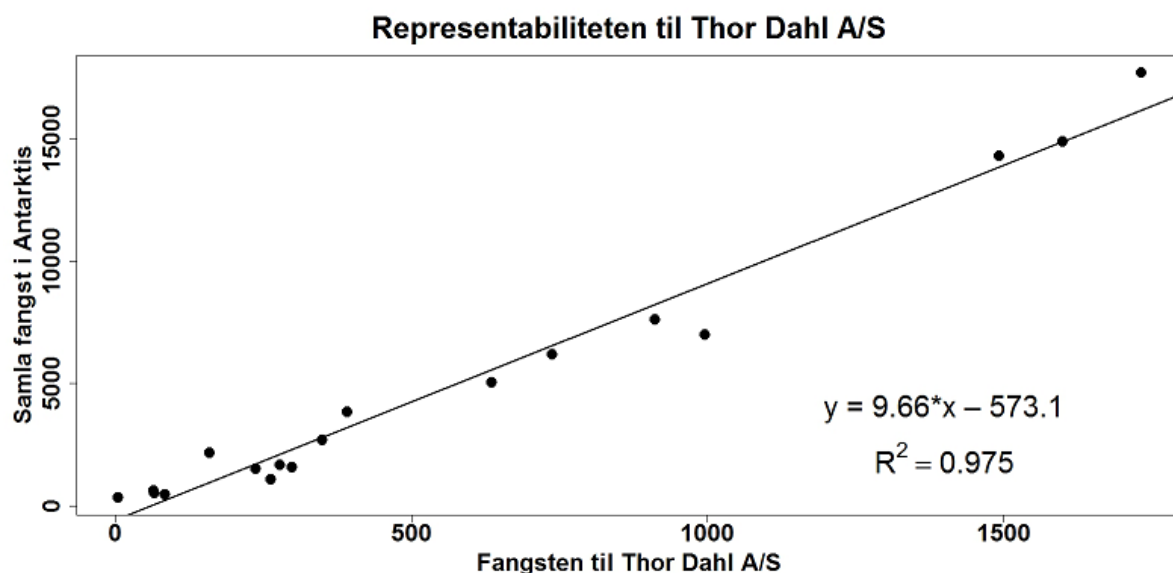
Tabell 1. Årstal med loggbøker og talet på kokeri for dei gjeldane år hjå Thor Dahl. Dei åra med færre enn tre kokeri er nemnt med talet på skip under årstala, t.d. eitt eller to skip.

Loggbok 1930 sesongane	1932/33 1 kokeri	1935/36	1936/37	1937/38	1938/39 2 kokeri
Loggbok 1940 sesongane	1945/46 1 kokeri	1947/48 1 kokeri	1948/49	1949/50 2 kokeri	
Loggbok 1950 sesongane	1950/51	1951/52	1952/53	1953/54	1954/55
1950 fortsetting	1955/56	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60
Loggbok 1960 sesongane	1960/61	1961/62	1962/63 2 kokeri	Ingen blåkval	Ingen blåkval

3 Resultat

3.1 Representabiliteten av Thor Dahl sin fangsthistorie

Vi må undersøke om kvalkokeria til Thor Dahl kan representere heile verdsflåten med omsyn til fangstsuksess. Dersom det er ein god samvariasjon mellom dei årlege fangstane til verdsflåten og Thor Dahl, må ein kunne konkludere med at dette eine fangstselskapet gjev ein god representasjon av heile blåkvalfangsten. Ein lineær regresjonsanalyse viser at fangsten til Thor Dahl forklarar 97.5% av variabiliteten til verdsflåten sin fangst (Figur 4). Det er altså ein veldig sterk samvariasjon mellom fangstsuksessen til Thor Dahl og verdsflåten. Dessutan ser vi at regresjonskoeffisienten tilseier at verdsfangsten er 9.7 gonger så stor som Thor Dahl sin fangst. Med andre ord seier regresjonskoeffisienten at fangsten til Thor Dahl gjennomsnittleg utgjer om lag $100 \cdot (1/9.7) = 10,3\%$ kvart år, noko som er svært nær andelen av Thor Dahl for heile perioden 1933 – 1963, dvs. $(12\,747 \cdot 100) / 132\,098 \approx 0.097$, dvs. 9.7%. Desse resultata betyr at Thor Dahl sin fangstsuksess er representativ for heile verdsflåten og kan difor nyttast som eit godt formål for utviklinga av mengda og fordelinga av blåkval i Sørishavet.



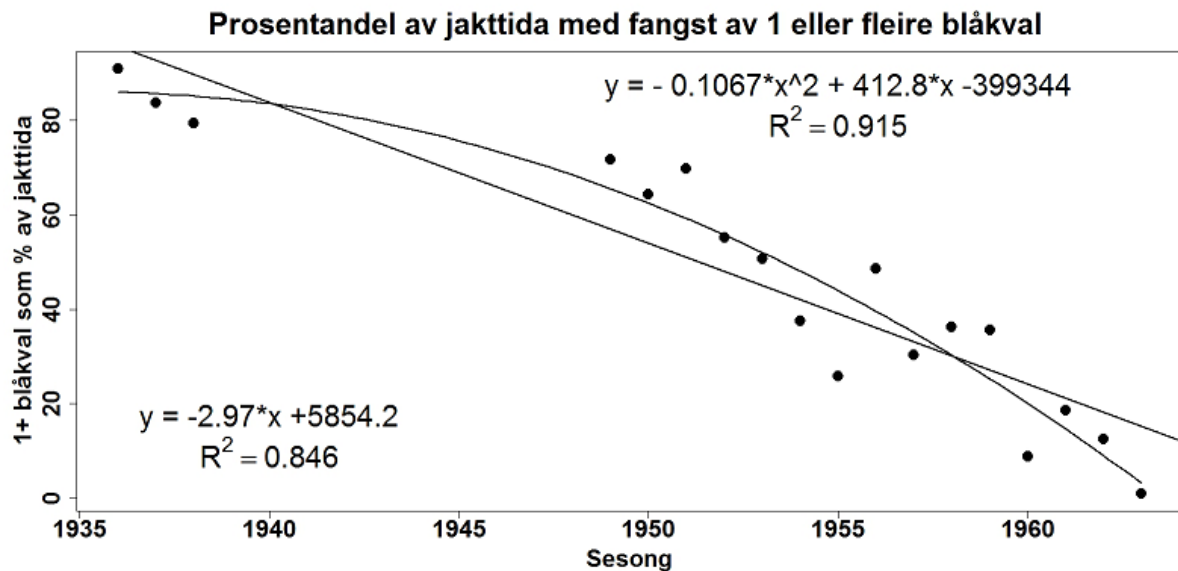
Figur 4. Den årlege Antarktiske blåkvalfangsten til verdsflåten plotta mot den årlege blåkvalfangsten til Thor Dahl for dei åra selskapet hadde med to eller tre kokeri.

3.2 Fangsten

Vi skal fyrst sjå korleis forholdet mellom dagar med blåkvalfangst og talet på dagar i fangstsesongen utvikla seg frå 1935/36 til 1962/63. Denne prosentandelen av fangstdagar er gitt i Figur 5.

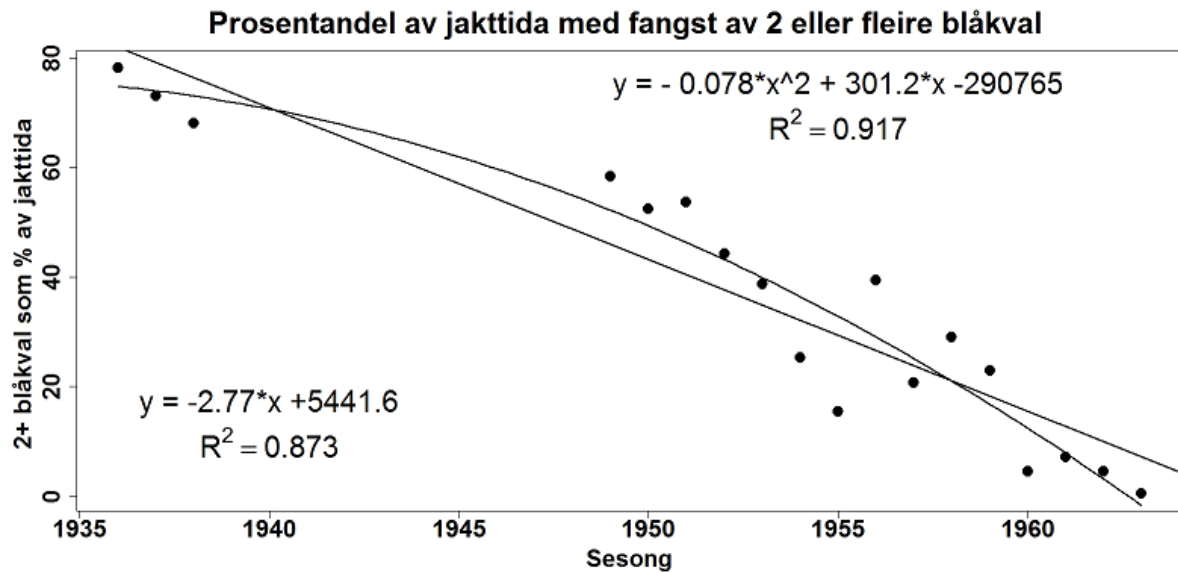
Her kjem det fram at i løpet av den lovlege fangsttida på blåkval, blir det sjeldnare og sjeldnare dei råkar på blåkval. Nedgangen er vurdert ut frå ein lineær modell og ein kvadratisk modell for å sjå kva for ein som skildrar nedgangen best. Med lineær regresjon så forklarar sesongane 84.6% av variabiliteten i prosentandelen av dagar med blåkvalfangst. Lineær

regresjon viser at nedgangen er på -3.0% og trendlinja vil nå null (dvs. skjera x-aksen) for blåkval i 1968. Likevel ser det ut til at den kvadratiske modellen er signifikant betre enn den lineære modellen ($P = 0.005$) og forklarar 91.5% av nedgangen. Dette betyr at den årlege nedgangen i fangst av ein eller fleire individ aukar markant mot slutten av blåkvalfangsten slik at trendlinja vil gå i null rundt 1964/65.



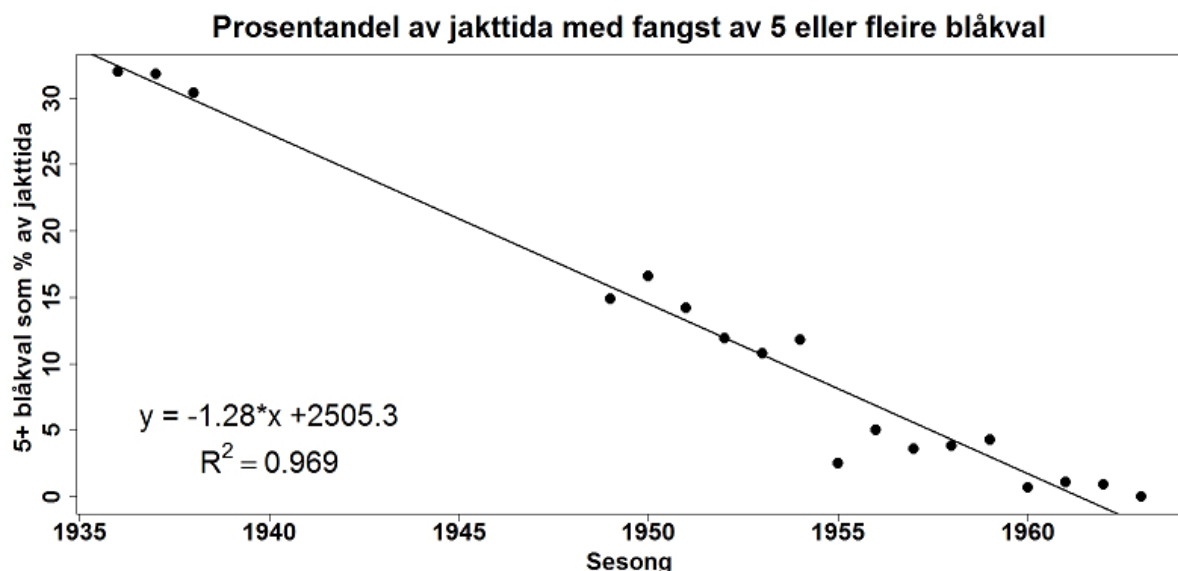
Figur 5. Prosentandelen av tida ute på jakt der det vart teke ein eller fleire (1+) blåkval i dei sesongane da det vart brukt to eller tre kokeri..

Trendlinja for andelen av dagar med blåkvalfangst (Figur 5) viser sannsynet for å møte ein eller fleire blåkval, men seier ikkje noko om kor mange det er snakk om, berre om det råkast på blåkval i løpet av fangsttida eller ikkje. Difor er det interessant å undersøke om også storleiken av fangstane forandrar seg. Prosentandelen av dagar med 2 eller fleire, og 5 eller fleire blåkval er plotta i hhv. Figur 6 og 7.



Figur 6. Prosentandelen av tida ute på jakt der det vart teke to eller fleire (2+) blåkval i dei sesongane da det vart brukt to eller tre kokeri.

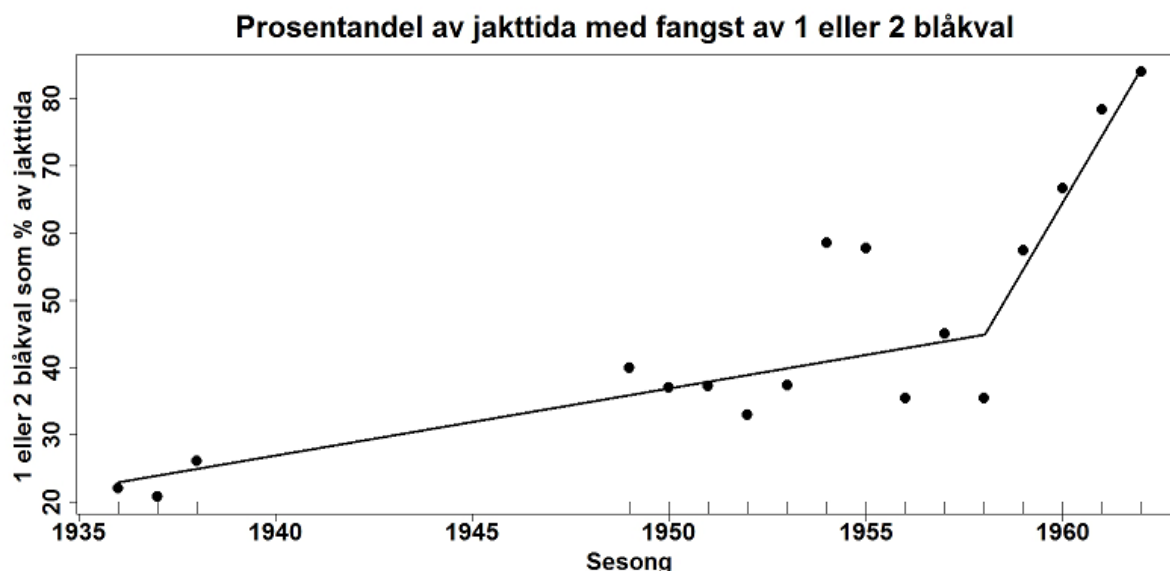
Prosentandelen av jakttida med fangst av to eller fleire blåkval følgjer åra ganske tett (Figur 6) og har det same forløpet som prosentandelen for 1+ (Figur 5), men utslaga er litt meir dempa. To modellar, ein lineær og ein kvadratisk er også her samanlikna. Lineær regresjon forklarar sesongvariasjonen ganske godt med 87.3%. Regresjonslinja søkk med 2.8% årleg og skjær x-aksen i 1965. Framleis er det den kvadratiske modellen som er signifikant betre enn den lineære modellen ($P = 0.016$) og forklarar 91.7% av nedgangen. Dette betyr at også den årlege nedgangen i fangst av to eller fleire individ aukar mot slutten av blåkvalfangsten.



Figur 7. Prosentandelen av tida ute på jakt der det vart teke fem eller fleire (5+) blåkval i dei sesongar da det vart brukt to eller tre kokeri.

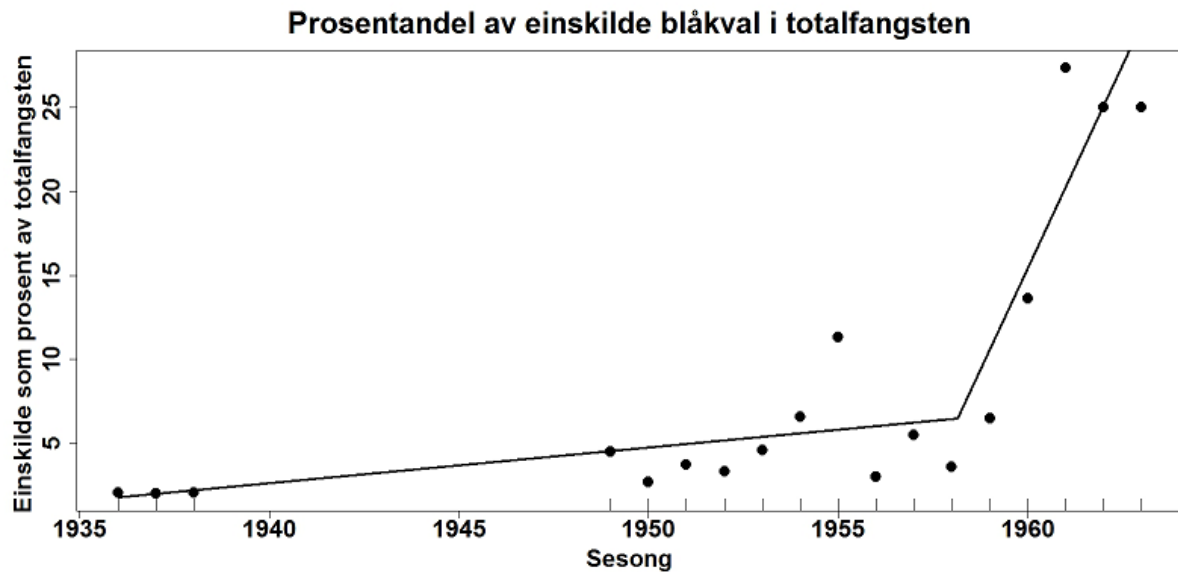
At det er langt færre dagar med blåkvalfangst med 5+ enn det er med 1+ og 2+, er inga overrasking, men andelen av dagar med fem eller fleire kval har eit anna forløp. Her er ikkje

den kvadratiske modellen signifikant bedre enn den lineære modellen ($P = 0.343$). Den lineære modellen er signifikant ($P > 0.001$) og forklarer heile 96.9% av nedgangen. Dette betyr at den årlege nedgangen i jakttida med fangst av fem eller fleire individ er temmeleg konstant gjennom heie blåvalfangsten. Trendlinja søkk med 1.3% og skjer x-aksen i 1961.



Figur 8. Prosentandelen av jakttida med fangst (dvs. dei dagane med fangst da 1 og 2 blåval vart fanga), der fangsten bestod av ein eller to blåval i sesongar med 1, 2 og 3 kokeri. Kurven er sett saman av to regresjonslinjer (stykkevis regresjon utført med estimering av segmenta).

Den segmenterte lineære regresjonen med to regresjonslinjer som er kontinuerleg forbunde i 1958, gjev den beste approksimasjonen og forklarer 86.1% av variabiliteten i prosentdelen av jakttida med fangst av ein eller to individ (Figur 8). Prosentdelen av dagar med fangst av 1 og 2 blåval (Figur 8) stig sakte frå 22% i 1935/36 til 45% i 1958, men kurva stig brått til frå 45% i 1958 til 84% i 1962. Prosentdelen mellom 1948/49 og 1957/58 synast faktisk å fluktuere utan trend, og gjennomsnittsnivået for åra 1948/49-58 ligg på 37.4%. Merk at knekkpunktet kallast 1958 og ikkje 1957/58.



Figur 9. Prosentandelen blant den årlege blåkvalfangsten av dei individa som var dei einaste som vart teke på fangstdagen, i sesongane 1935/36 – 1962/63. Kurven er sett saman av to regresjonslinjer (stykkevis regresjon utført med estimering av segmenta).

Den segmenterte lineære regresjonen med to regresjonslinjer som er kontinuerleg forbunde i 1958, gjev den beste approksimasjonen og forklarar heile 88.2% av variabiliteten i prosentdelen av individa som utgjorde heile dagsfangsten (Figur 9).

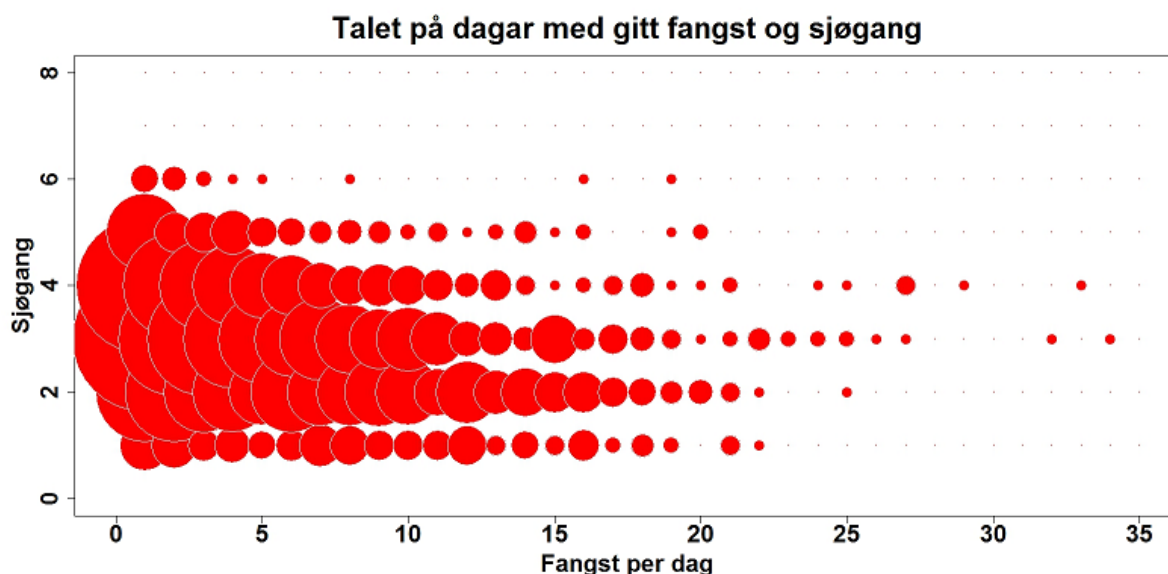
Prosentandelen av fangstane som består av einskilde blåkval steig seint frå 2.1% i 1935/36 til 6.5% i 1959 (Figur 9). Dette er ei stigning nærmast utand trend (0.2%) og gjennomsnittleg står desse fangstane for 4.4% av totalfangsten, men også her skjer det eit brått skifte etter 1958. Frå 1959 til 1962/63 voks prosentandelen for fangst av ein kval brått frå 6.5% til 25%, ei auking på heile 284.6%. Dette er på same tid at det skjer ein knekk for fangst av 5+ (Figur 7) og ei bratt auking i prosentdelen med av fangst av 1 og 2 blåkval (Figur 8).

3.3 Vêret

Vi skal undersøke korleis vêrforholda kan ha påverka fangstsuksessen av blåkval.

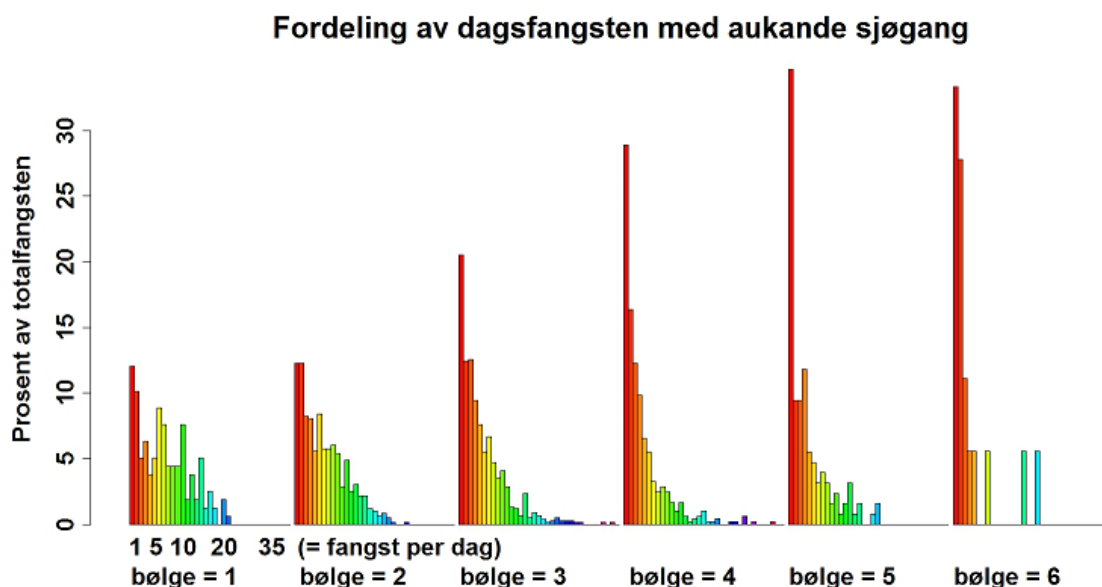
3.3.1 Sjøgang

Sjøgangen vart målt i skalaen 1 - 9 (sjå Metode for definisjon av kvar kategori). Bølgjehøgda ute på havet kan variere enormt, frå små krusingar på vassflata til bølgjer fleire titals meter høge. Dei skapast av tidevassforskjellar, havstraumar, vind og vêr.



Figur 10. Boblediagrammet viser talet på dagar (proporsjonalt med arealet av sirklane) med ulike kombinasjonar av dagsfangsten av blåkval og sjøgang målt i kategoriar frå 1 til 6 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av bølgehøgdekategoriar).

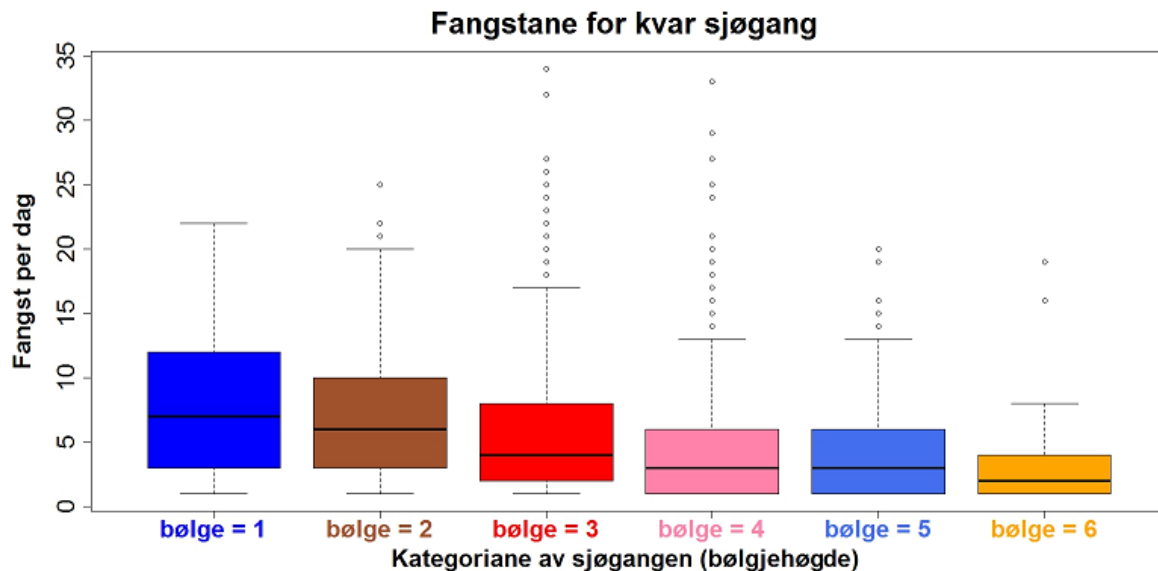
Det er svært mange dagar (stort sirkelareal) med lite fangst når fangstane er små (mot venstre langs x-aksen), og det er få dagar (mindre sirkelareal) med store fangstar (mot høgre langs x-aksen). Det var altså vanleg (stort areal) å fange relativt få kval på ein dag, medan det var sjeldan (små areal) å fange mange kval på ein dag. Storleiken på dagsfangsten blir mindre med aukande sjøgang (arealet av sirklane blir mindre opp langs y-aksen).



Figur 11. Fordelinga (gitt som prosent) av dagar da det vart fanga hhv. 1,2,3,...,34 blåkval for ulik sjøgang målt i kategori 1 til 6 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av bølgehøgdekategoriar).

Med aukande sjøgang er det ei sterk forskyving mot dagsfangstar på berre eitt dyr (dei raude søylene til venstre i grafen aukar mot høgre ved større sjøgang). Uansett sjøgang så er den delen av fangsten som består av 1 kval størst. Denne delen aukar frå 12% ved ein sjøgang på

1, til 35% ved ein sjøgang på 5 og 33% ved ein sjøgang på 6. Andelen av fangstdagar med 5 eller fleire kval, blir betydeleg mindre med aukande sjøgang. Ved sjøgang på 6 ser ein likevel at prosentdelen av fangsten som består av 1 kval, har gått litt attende medan prosentandelen som består av dagar med 2 blåkval har auka dramatisk.

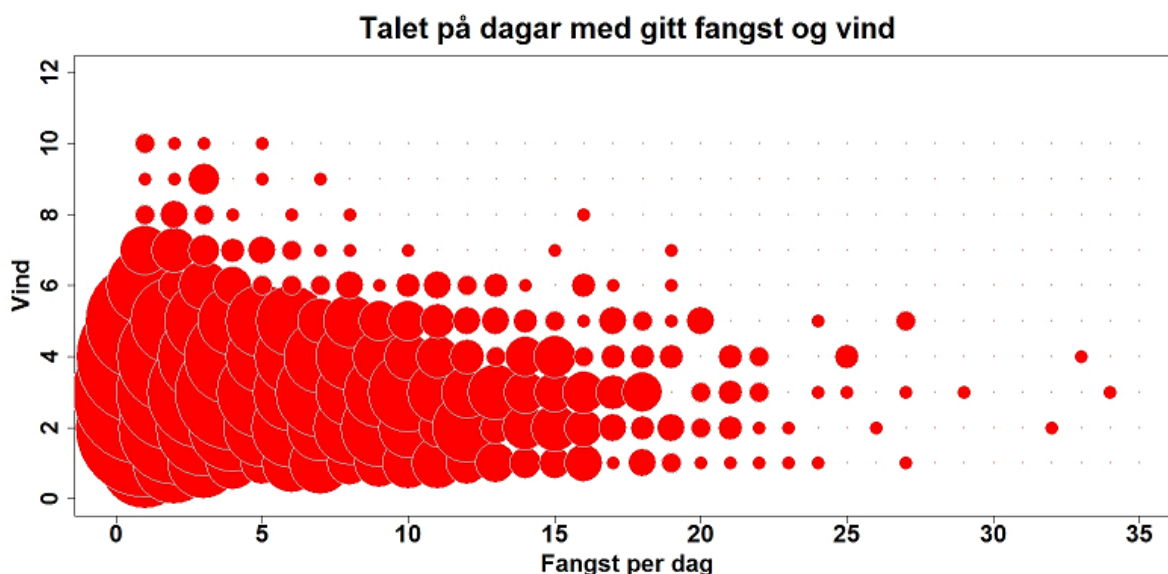


Figur 12. Boksplott av dagsfangstane av blåkval for ulik sjøgang målt i kategoriar frå 1 til 6. (sjå Metode for nøyaktig definisjon av bølgehøgdekategoriar).

Med aukande sjøgang blir den gjennomsnittlege dagsfangsten mindre (dei horisontale stripene i Figur 12). Medianen (dei svarte horisontale strekane midt i boksplotta) søkk frå 7 i kategori 1 til 2 i kategori 6. Ved ein sjøgang på 1 ligg 50% av fangsten på mellom 3 og 12 dyr om dagen, men allereie med sjøgang på 2 søkk dette til eit nivå på mellom 3 og 10 dyr. For større sjøgang søkk dagsfangsten enda meir. Med sjøgang på 3 er 50% av fangsten på mellom 2 og 8 dyr, det er også her at ekstremverdiane er størst med fangst på opptil 34 dyr. Med sjøgang på 6 søkk intervallet til mellom 1 og 4 dyr om dagen. Dette viser at fangstsuksessen søkk kraftig med aukande sjøgang.

3.3.2 Vindstyrken

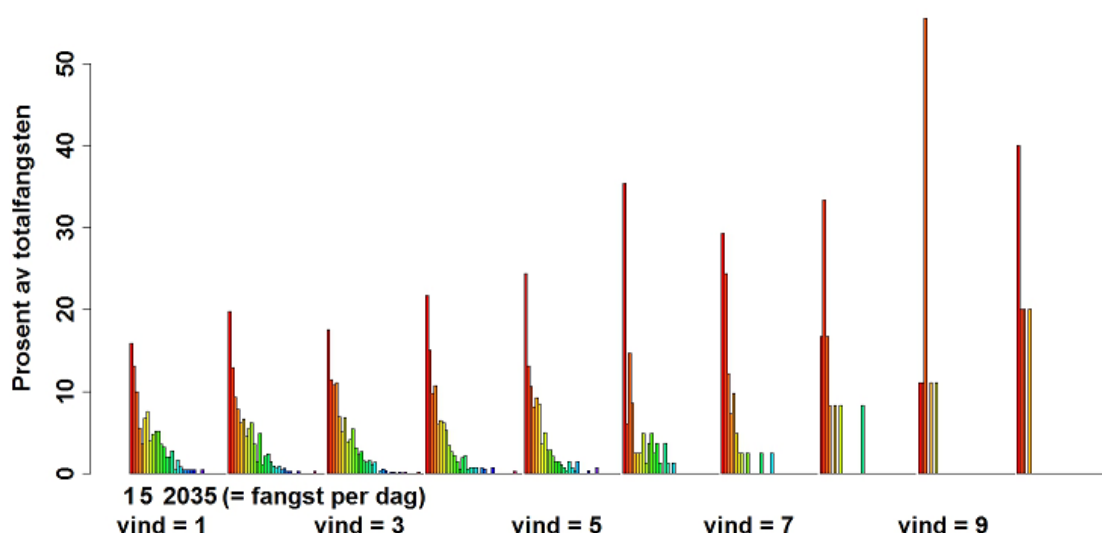
Vind oppstår som kjent på grunn av forskjellar i trykk og temperatur. Polarfronten der varm luft møter kald luft går på om lag 60° nordleg/sørleg breidde, og skapar trykk og temperaturforskjellar som gjev vind (Robinson, 1993). Sørishavet går rundt heile jorda utan å møte nemneverdige landmassar (sirkumpolart). Sidan vinden her kan gå uhindra, kan han få ein enorm styrke. Dette har til tider gjort det utfordrande å drive kvalfangst i Sørishavet. Vindstyrken blir målt i Beauforts skala frå 1 til 12 (sjå Metode for definisjon av kvar kategori).



Figur 13. Boblediagrammet viser talet på dagar (proporsjonalt med arealet av sirklane) med ulik kombinasjon av dagsfangsten av blåkval og vindstyrke målt i kategoriar frå 1 til 12 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av vindstyrkekategori).

Boblediagrammet (Figur 13) viser at det vart fanga blåkval for alle vindstyrker opp til styrke 10 (full storm). Større dagsfangstar enn 20 dyr skjedde berre for vindstyrker på mellom 1 og 6 (flau vind til liten kuling). Blåkval vart fanga med vindstyrke heilt opp mot 10 (full storm), men det var få dagar med fangst under slike forhold. Dei fleste dagane vart det fanga under 15 dyr med vindstyrke på 6 eller mindre. Det er to mønster som stort sett går opp att i denne figuren: (1) det er færre dagar (mindre areal) når dagsfangstane blir større (x-aksen mot høgre i figuren), og (2) der er færre fangstdagar (mindre areal) når vindstyrken aukar (oppover langs y-aksen i diagrammet).

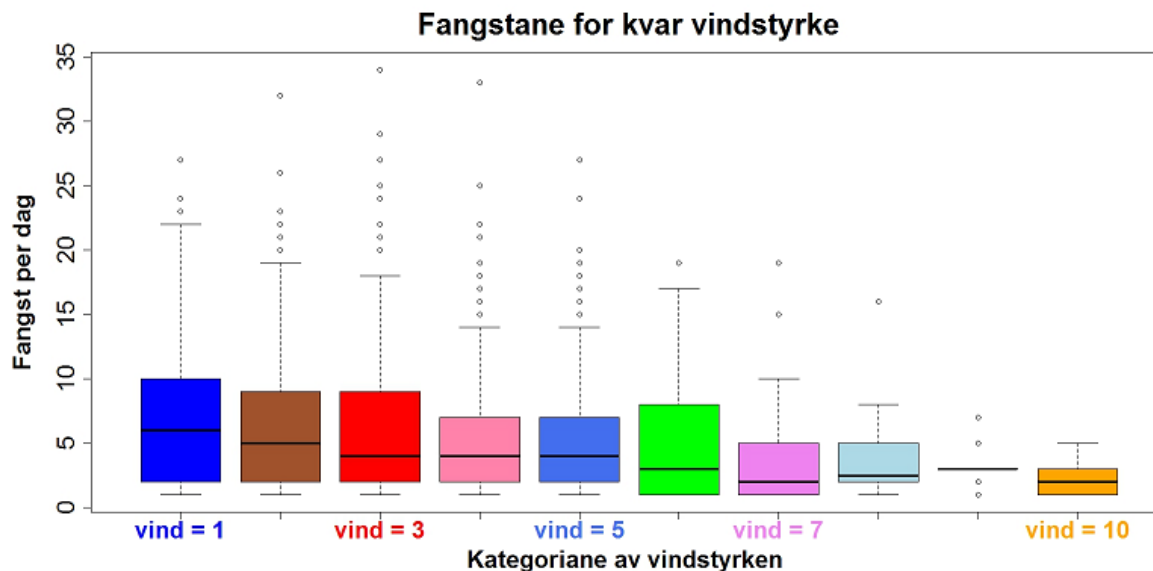
Fordeling av dagsfangsten med aukande vindstyrke



Figur 14. Fordelinga (gitt som prosent) av dagar da det vart fanga hhv. 1,2,3,...,34 blåkval for vindstyrkekategoriene 1 til 12. (sjå Metode for nøyaktig definisjon av vindstyrkekategori).

Med aukande vindstyrke er det ei sterk forskyving mot dagsfangstar på berre eitt dyr (Figur 14). Største prosentdelen av fangsten består av dagar med 1 eller 2 dyr, og dette aukar frå 16%

med vindstyrke 1 (flau vind) til 56% ved vindstyrke 9 (liten storm). Samstundes blir prosentandelen med fangst av 5 eller fleire kval, mindre. Ved vindstyrke på 8, 9 og 10 ser ein dei større fangstane uteblir heilt. Der er også med vindstyrke på opp mot 5 at ein ser dei største fangstane (mest areal til høgre i grafane). Det er også slik at di sterkare vindstyrke, di færre kval blir det teke totalt.

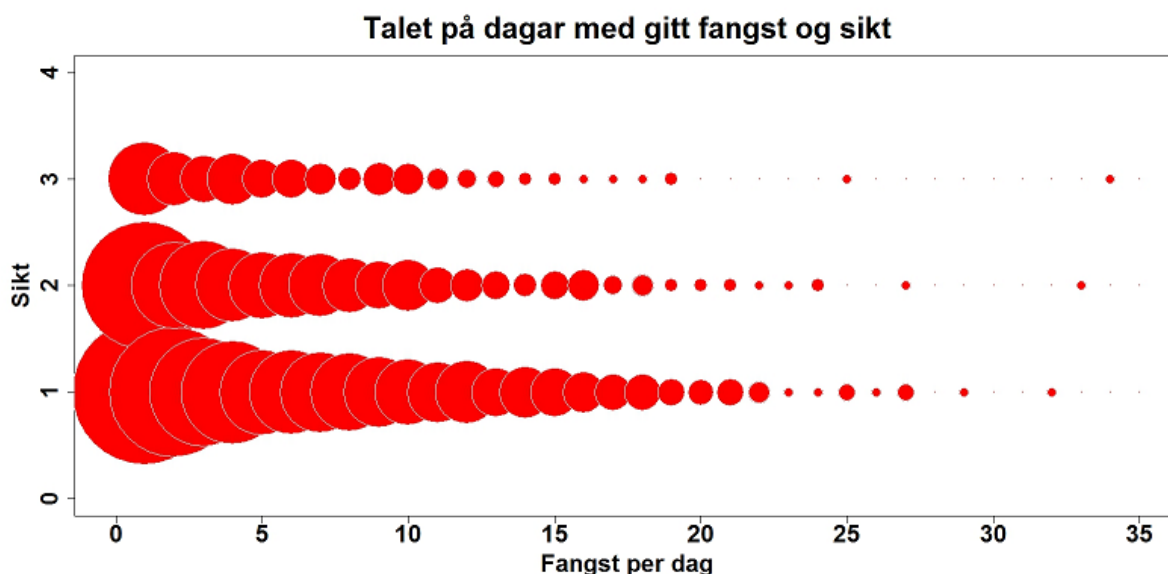


Figur 15. Boksplott av dagsfangstane av blåkval for vindstyrkekategoriene 1 til 10 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av vindstyrkekategori).

Med aukande vindstyrke vart den gjennomsnittlege dagsfangsten mindre (Figur 15). På styrke 1 ligg 50% fangsten på 2-10 blåkval om dagen med ein median på 6 kval. For vindstyrke 2-3 ligg 50% av fangsten på 2-9 blåkval om dagen. Vindstyrke på 4 og 5 gjev derimot ein reduksjon til 2-7 om dagen. Frå ein vindstyrke på 7 og høgare er 50% av fangsten på mellom 1-5 pr. dag. Ved styrke 10 er intervallet redusert til 1-3 dyr og medianen ligg på 2 dyr. Ekstremverdiane for fangst med vindstyrke 1-5 ligg alle på over 15 kval, høgast er dette ved ein vindstyrke på 3 der 34 dyr vart teke.

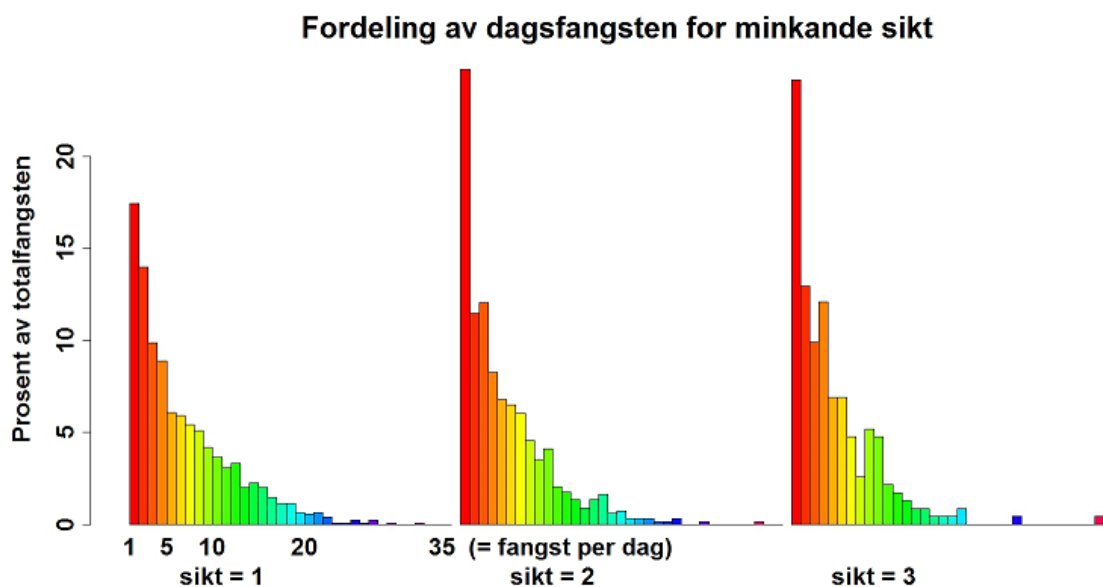
3.3.3 Sikten

Sikten vart målt i ein skala frå 1 til 3 (Sjå Metode for definisjon av kvar kategori). Sikten er daglege vêrfenomen som t.d. klart vêr, overskya, tåke, regn m.m. Visuell observasjon av kval er avhengig av korleis sikten er. Er det klart og fint vêr, utan skarp sol, er det lettare å oppdage fleire kval og på lengre avstand enn når det t.d. er tåke eller tett regn.



Figur 16. Boblediagrammet viser talet på dagar (proporsjonalt med arealet av sirklane) med ulik kombinasjon av dagsfangsten av blåkval og sikt målt i kategoriar frå 1 til 12 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av siktkategoriane).

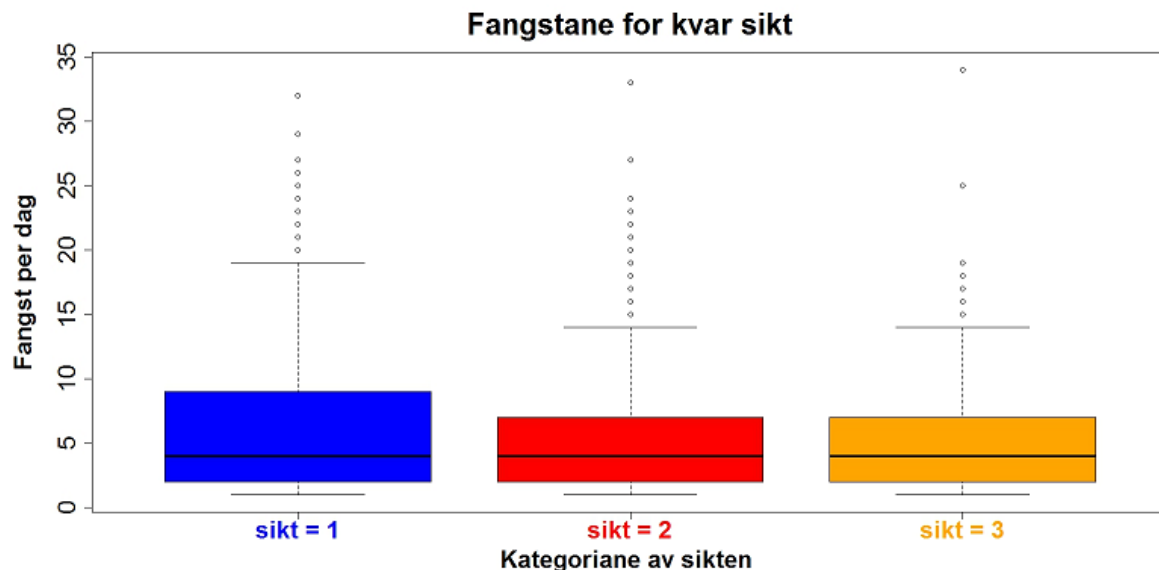
I boblediagrammet (Figur 16) er det flest dagar med fangst av blåkval med siktkategori 1. Deretter er det nest flest dagar med fangst ved siktkategori 2 som har mindre god sikt. Det er færrest dagar med fangst i siktkategori 3. Av diagrammet er det tydeleg at det er størst tal på dagar (størst areal) med lite fangst for siktkategori 1, 2 og 3 deretter blir det færre dagar (mindre areal) til høgre langs x-aksen dei dagane fangsten blir større. Frå sikt 1 til 3 oppover langs y-aksen blir det også færre dagar (mindre areal) med fangst. Likevel er det dagar med fangst på over 30 kval for alle siktkategoriene.



Figur 17. Fordelinga (gitt som prosent) av dagar da det vart fanga hhv. 1,2,3,...,34 blåkval for ulik sikt målt i kategoriar 1 til 3 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av siktkategoriane).

Ved dårlegare sikt (Figur 17) er det ei forskyving mot ein dagsfangst på færre dyr, i tillegg aukar prosentdelen av fangst som består av eit dyr, frå 17% (sikt 1) til 25% (sikt 2) til 24%

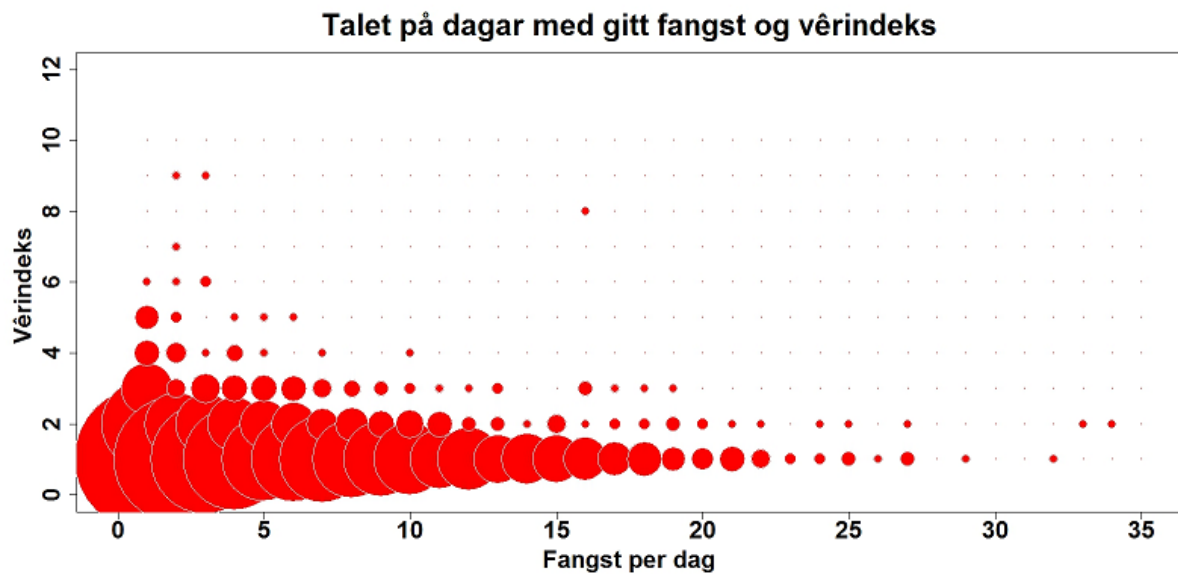
(sikt 3). Den prosentdelen som består av dagsfangst på 2-6, er omtrent stabil i forskyvinga mot dårlegare sikt. Merk at sjølv ved dårleg sikt, kunne det likevel bli fanga store mengder blåkval (siktkategori 3 i Figur 17). I grafen for siktkategori 3 er det to søyler lengst til høgre (siktkategori 3 i Figur 17), desse viser at dagar med stor fangst førekom her også.



Figur 18. Boksplott av dagsfangstane av blåkval for ulike sikt målt i kategoriar 1 til 3 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av siktkategoriene).

I denne boksplottfiguren (Figur 18) ser vi at den gjennomsnittlege dagsfangsten er nesten uavhengig av sikten sidan boksplottfigurane nesten ikkje forandrar seg frå siktkategori 1-3. For kategori 1 er 50% av fangsten på mellom 2-9 dyr om dagen, medan det for kategori 2 og 3 er eit intervall på 2-7 dyr om dagen. Denne nedgangen er ganske liten samanlikna med sjøgang og vindstyrke (Figur 12 og 15). Medianverdien er også den same for alle tre kategoriene, og ligg på 4 dyr om dagen. Sjølv om talet på ekstremverdiar søkk litt frå kategori 1 til 3, så ligg toppnivået for Kategori 1 på 32 dyr, kategori 2 på 33 dyr og 34 dyr i kategori 3. Sikta åleine ser med andre ord ikkje ut til å ha stor påverknad på fangsten.

3.3.4 Indeks for vêrforholda



Figur 19. Boblediagrammet viser talet på dagar (proposjonalt med arealet av sirklane) med ulike kombinasjonar av dagsfangsten av blåkval og vêrindeks målt i kategoriar frå 1 til 10 (sjå Metode for nøyaktig definisjon av siktkategoriane).

Indeksen for vêrforholda (sjå Metode for definisjon) gjev eit mønster for vêrets påverknad av fangsten (Figur 19). Boblediagrammet viser korrelasjonen mellom storleiken på dagsfangsten og verdiane for vêrindeksen. Di høgare verdiane langs y-aksen, di mindre er fangsten på x-aksen. Det blir fanga kval med verdiane opp til 9 på indeksen, men i dei aller fleste tilfella ligg verdiane på 1-2. Dei beste fangstdagane (20 eller fleire kval) førekjem under kombinasjonar av sjøgang, vind og sikt som held verdiane i vêrindeksen på 2 eller mindre. Men det er eit svært synleg unntak frå dette, nemleg ein fangst på heile 16 blåkval med ein vêrindeks på 8.

3.5 Fangstområdanes forskyving

Blåkvalen held seg langs iskanten der han beiter på krill (Budker, 1958). Difor reiste kvalkokeria og jaktbåtane så langt sør at dei rike kvalområda kom innanfor rekkevidde. Sidan blåkvalen samlast langs iskanten der det er krill, er det dei yste områda i Sørishavet som fyrst blir tilgjengelege når isen smeltar om våren. Deretter følgde skutane kvalens vandring sørover når isen etter kvart gjekk attende (Mackintosh, 1970).

Vi skal no sjå om kvalfangstområda forandra seg i løpet av åra med blåkvalfangst i Sørishavet. Dette for å sjå om fangsten hadde påverknad for kor blåkvalane oppheld seg.

Tabell 2. Talet på dagar kvalkokeria brukte nord og sør for 60°S, og kor stor prosent av den totale fangsttida dette utgjorde. Tabellen viser også kor mange blåkval som vart levert i dette tidsrommet og kor stor del av totalfangsten dette utgjør for år med 2 eller 3 kokeri.

År	Dagar nord for 60°S	Dagar nord for 60°S (%)	Blåkval fangst nord for 60°S	Fangst som % av totalen	Dagar sør for 60°S	Dagar sør for 60°S (%)	Blåkval fangst sør for 60°S	Fangst som % av totalen
1936 - 39	301	29.50%	1883	35.40%	721	70.50%	3439	64.60%
1948 - 63	766	28.93%	364	6.30%	1881	71.06%	5129	93.70%

I Tabell 2 ser vi at tida nord for 60°S er nesten den same i perioden 1935/36 – 38/39 (29.5%) og 1948/49 - 63 (28.93%). Likevel går fangstprosenten nord for 60°S ned, frå 35.4% i åra 1936-39 til 6.3% i 1948-63. Parallelt aukar den same fangstprosenten sør for 60°S frå 64.6% til 93.7%. For alle åra samla sett, er fangstprosenten nord for 60°S på 20.65% medan sør for 60°S er den samla fangstprosenten 79.35%.

Strukturen av blåkvalfangsten endra seg ein god del frå 1932/33 til 1962/63 (Appendiks 1, Tabell 6). I 1930- åra var andelen av dagar sør for 60°S på 67.5%, og 60.5% av fangstane vart gjort i dei sørlege områda av Sørishavet (Appendiks 1, Tabell 6). I åra 1945/46 – 1948/49 endra desse tala seg til 84% opphaldstid og 81% av totalfangsten (Appendiks 1, Tabell 6). I 1950- åra utgjorde fangsttida sør for 60°S heile 79.1%, og nesten all fangsten kom da frå dei sørlegaste områda (95.7%) (Appendiks 1, Tabell 6). Dei siste tre fangståra med blåkval 1960-63 brukte skipa litt under halvparten av tida si sør for 60°S (46.9%) og tok likevel 88.1% av fangsten i dette området (Appendiks 1, Tabell 6). Dette viser at fangstområdet forskyv seg sørover i 1950- åra, og at dei sørlege havområda står for ein stadig større del av totalfangsten.

4 Diskusjon

4.1 Forandringa i dagsfangsten

Blåkvalfangsten til Thor Dahl A/S gir eit godt bilete av den samla fangsten av blåkval i Sørishavet med ein forklaringsprosent på 97.5% (Figur 4). Det er dermed grunnlag for å meine at dei forandringane som observerast i fangsten til Thor Dahl, også gjeld for heile kvalflåten.

Frå byrjinga av den pelagiske fangsten fram til slutten på 1960- talet, var dei store kvalane i Sørishavet under eit kontinuerleg press. Da kvalfangarane fyrst byrja å utnytte havområda i sør, hadde dette farvatnet den største konsentrasjonen av blåkval i verda (Branch T. A., *et al.*, 2007). Mot slutten derimot, var blåkvalen svært sjeldan å sjå. Den lovlege jakttida for blåkval, faststett av «*Den Internasjonale avtalen om regulering av hvalfangst*» (seinare skifta namn til «*Den internasjonale konvensjonen om regulering av hvalfangst*») (Berta & Sumich, 1999), kunne variere mellom ulike år, men jakttida vart stort sett kortare. I byrjinga vara jakttida frå desember til om lag midten av mars, men på 1950-talet vart starten flytta til januar og deretter til februar, og på 1960-talet slutta jakta i byrjinga av april (Appendiks 1, Tabell, 1). Generelt vart jaktseasonen kortare mot midten av 1950-talet, men tok seg litt opp att mot slutten, difor er tida med blåkvalfangst omgjort til prosent.

Da kvalfangstflåten vart bygd opp att i slutten av 1940- åra, auka jaktpresset på nytt, og nye reguleringar gjorde at tida med blåkvalfangst vart mindre. Svaret på dette var at kvalfangstselskapa intensiverte jakta ved å setje inn fleire jaktbåtar (Tønnesen, 1970). Sjølv med fleire jaktbåtar mot slutten av 1950- talet vart det fanga ein eller fleire blåkval på berre litt under halvparten av tida i 1955/56 (Figur 5). Siste gongen selskapet Thor Dahl fanga blåkval var i 1963 (Figur 3). På 1930- talet hadde kvart kokeri 6-8 jaktbåtar, men desse tok klart fleire blåkval den gongen enn seinare år med fleire jaktbåtar (Appendiks 1, Tabell 4). Frå slutten av 1940- talet og utover vart det fleire jaktbåtar, men sjølv med desse i tillegg så vart det fanga færre blåkval. Denne intensiveringa er ein faktor bak den akselererte nedgangen ein ser i fangsttala (Figur 3). At det er mange blåkval som blir teke på ein dag, t.d. 10-20, er eit teikn på at dei beita på den same krillsvermen. Tida med fangst av større mengder blåkval på ein dag blir langt mindre utover 1950- åra (Figur 7), men likevel førekjem dagar da dagsfangsten var over 10 blåkval pr. dag. Heilt fram til 1961/62 var det dagar der dei brått tok inn 15 blåkval om gongen. Likevel merkast nedgangen på at i motsetning til tidlegare da kokeria kunne ta eit dusin eller fleire blåkval om dagen, opptil fleire dagar på rad, så vart dei store dagsfangstane frå slutten av 1950- talet redusert til kanskje ein gong gjennom heile sesongen.

Blåkval ferdast ofte åleine eller i par. Større grupper enn dette er samlingar av beitande dyr (Jefferson, Leatherwood, & Webber, 1993), dvs. større tettleik er ofte ein indikasjon på at fleire dyr beiter på same krillsverm (Branch T. A., *et al.*, 2007). Difor er det interessant å sjå kor ofte dei tek fem eller fleire dyr på same dagen (Figur 7).

4.2 Sannsynet for å møte på blåkval (møteprosenten)

Innleiingsvis har vi sett korleis blåkvalfangsten til selskapet Thor Dahl forandra seg, og dermed også korleis den samla antarktiske flåten, forandra seg (Figur 3 og 1). Fangsten av

blåkval var på sitt mest intense i løpet av 1930- åra og gjekk deretter kraftig ned etter krigen (Appendiks 1, Tabell 2 og 5). Når vi ser på prosentdelen av tida ute på jakt der det vart teke ein eller fleire blåkval (Figur 5), får vi ikkje veta kor mange blåkval som blir fanga, men kor ofte dei vart observert i løpet av fangstida. I praksis betyr dette kor ofte han vart fanga. Grafen syner korleis fangstsuksessen (dvs. andelen av dagar med utbytte på minst ein kval) går ned frå 90.9% av jakttida i 1935/36, til 1% i 1962/63 (Figur 5). Dette er konsistent med kor få blåkval som blir observert i Sørishavet i dag (Branch T. A., *et al.*, 2007).

Den lineære modellen seier at sannsynet for å koma over ein eller fleire blåkval vil vera null i 1968 (Figur 5), men den beste modellen er den kvadratiske som viser at sannsynet vil vera null rundt 1964/65. Den same lineære trenden i nedgangen finn ein også for møte av to eller fleire (Figur 6). Der seier den lineære modellen at sannsynet vart null i 1965, medan den kvadratiske seier at det skjedde rundt 1963. For fangst av fem eller fleire blåkval (Figur 7) gjev ikkje den kvadratiske kurva ein signifikant betring av tilnærminga til dei observerte dataene, og trendlinja til den lineære modellen går i null i 1961. Desse ekstrapolasjonane av trendlinjene stemmer godt overeins med dei tidlegare berekningane av mengda av blåkval i Sørishavet. Mackintosh (Mackintosh, 1970) anslo at det tidleg på 1960- talet berre var 1000 eller færre blåkval att i Sørishavet.

4.3 Blåkvalens gruppestruktur

Sidan blåkvalen reknast som eit solitært dyr (Small, 1971), er det kanskje naturleg å tenke seg at ein stor del av fangstane må ha vore einslege kval. Større grupper eller samlingar av blåkval er kval som samlast for å beite på den same krillsvermen (ustabile grupper) (Branch T. A., *et al.*, 2007). Likevel så har prosentdelen av fangstane som består av einskilde kval (Figur 9) eit middeltal på 4.4% i åra frå 1935/36 til 1958. Dette er eit svært konservativt tal (dvs. sannsynlegvis eit for lågt tal) fordi det er basert på dei dagane da det berre vart fanga ein kval. Notatane i loggbøkene gjer det dessverre umogleg å skilje grupper og enkeltindivid frå kvarandre, og difor er det berre dagar med enkeltfangst som er heilt sikre. Sjølv om 4.4% er konservativt, ser ein at utviklingstrenden er svært lik den for prosentdelen av jakttida med fangst av 1 eller 2 kval (Figur 8). Frå 1958 til 1962/63 gjekk derimot prosentdelen av enkeltfangst brått opp frå 6.5% til 25% (Figur 9). Med andre ord, frå 1935/36 til 1958 gjekk fangst av enkeltindivid frå å utgjera ein relativt liten del av totalfangsten (4.4%), til å utgjera ein betydeleg større del av fangsten tidleg på 1960- talet (25%).

For fangst av to eller fleire blåkval (Figur 6), var fangstsuksessen i byrjinga på 75.7% i 1935/36, men frå 1960 låg sannsynet for å koma over fleire enn 2 kval på under 10% av jakttida. Den minkande trenden for 1+ og 2+, er svært like kvarandre (Figur 5 og 6), men fangsten av fem eller fleire dyr (Figur 7) er tydeleg lineær, dvs. gjennom heile blåkvalfangsten fell sannsynet for å ta fem eller fleire individ jamt med 1.3% utan å akselerere mot slutten slik 1+ og 2+ gjer. Dette er interessante mønster som sannsynlegvis speglar endringane i blåkvalens gruppestruktur.

Som nemnt skilja ikkje loggbøkene mellom fangst av enkeltkval eller grupper. Likevel, i eit så stort havområde og med blåkvalens solitære natur, så var sannsynet for å møte på t.d. 12 einslege blåkval på same dagen, svært liten. Difor er det rimeleg å anta at når det var fangstar på fem eller fleire kval om dagen, kom desse i mange tilfelle frå ei gruppe som beita. Når ein ser på dei dagane med fangst på 1+ (Figur 5) betyr det at både enkeltkval og kvalgrupper er

teke med i statistikken. Dagar med fangst av 2+ (Figur 6) betyr at dei dagane med (sikker) fangst av enkeltkval er utelate. For dei dagane med fangstar på 5+ (Figur 7) så aukar sannsynet for at det var grupper som vart fanga. Det er dermed grunn til å anta at mykje av fangsten på under 5+ om dagen (dvs. fangst av 1-4 kval) var enkeltkval. Dette tyder at det er tida dei kjem over enkeltkval (fangst på under 5 om dagen), som har ein akselerert nedgang på 1950- talet. For fangst av kval som var i grupper (fangstar på 5+) derimot, er nedgangen lineær. Dette indikerer at det vart raskt vart sjeldnare å møte på enkeltkval, enn det var å møte på kval i flokk. Var det eit havområde med enkeltkval, der t.d. halvparten av desse vart fjerna årleg, så ville talet på kval søkke kvadratisk. Den store avstanden som da etter kvart oppstod mellom enkeltindivida gjorde at sjølv med meir og betre fangstutstyr, så vart dei fort ulønsame å jakte på. Derimot vart så godt som alle kvalane som beita i flokk fanga når dei fyrst vart oppdaga av kvalfangarar. Dette gav ein lineær nedgang, fordi ein nesten alltid kunne rekne med å ta alle i flokken. Resultatet var at; (1) det vart færre flokkar når dei systematisk vart utrydda og (2) storleiken på flokkane vart mindre når færre kval kunne fylle dei opp.

Sidan kvalfangsten var konsentrert i områdene med store mengder krill (Mackintosh, 1970), kom ein relativt stor del av fangstane frå stadar der kvalfangarane kunne ta mange dyr på ein gong. Da blåkvalbestanden hadde vorte så utarma at det ikkje lenger var store flokkar som beita på dei tradisjonelle kvalfelt, men kanskje berre høgst eit par dyr, gjekk prosentandelen med fangst av 1 eller 2 blåkval opp kort tid etter 1958/59 sesongen. Talet gjekk truleg opp, ikkje fordi dei byrja å ta enkeltkval på kvalfelt, men fordi dei som var att berre utgjorde grupper på enkelte kval. Blåkvalane kan produsere lydar som kan oppfattast på fleire hundre kilometers avstand (Gedamke & Robinson, 2010), og søker berre saman ved paring eller når det er mykje mat i eit område (Small, 1971). Bestandnivået på slutten av 1950- åra hadde truleg nådd det punktet da avstanden mellom kvalane hadde vorte så stor at det gjekk utover gruppestrukturen deira. Sjølv om kvalane kunne kommunisere på fleire hundre kilometer (Thiele, Edwin, Chester, & Gill, 2000), var det ikkje sikkert at dette var godt nok for å oppnå kontakt. Med under 1000 individ kan avstanden mellom kvalane fort ha vorte mange hundre kilometer om desse var på forskjellige krillfelt. Dessutan forsvann nesten alle dei store kjønnsmodne kvalane som stod for rekrutteringa, og dei unge som var att ville ha brukt fleire år på å auke bestanden om dei fekk vera i fred. Statistikken viser likevel at heller ikkje desse vart spart: frå 1963 stod kalvar for heile 80% av all fangsten (Small, 1971).

Det er spesielt to periodar (1954-55 og 1959-60) der det er relativt stor avstand mellom trendlinja og dei observerte verdiane for dagsfangst av fem eller fleire blåkval (Figur 7).

Den fyrste 1954-55 kan ha to årsakar; den eine er at kvalfangstselskapet hadde ein uvanleg dårleg fangst i 1955 i forhold til det forventa. Den andre er at frå 1954 til 1955 vart opninga av blåkvalfangsten flytta frå 2 januar til 21 januar, og i 1956 vidare til 1 februar (Appendiks 1, Tabell 1). Avsluttinga av fangsten i bae periodane skjedde i midten av mars, og dette innebar ei forkorting av fangsttida med om lag ein månad. Den andre store nedgangen i 1959-60 kan skuldast at sesongen 1959 markerte eit skifte i blåkvalfangsten. Frå 1937 hadde kvalfangstnasjonane innført ei lov som gjorde det ulovleg å fange blåkval under 70 fot i eit forsøk på å hindre fangst av ikkje kjønnsmodne kval (Small, 1971). Dette gjorde at prosentdelen av fangst som bestod av ikkje kjønnsmodne dyr (både kjønn), frå 1937 til 1958 utgjorde mellom 23% og 40% av all fangsten (Small, 1971). Denne prosentdelen auka brått frå 35% i 1959 til 75% i 1960 og vidare til 80% i 1963 (Small, 1971). Dette skuldast at det nesten ikkje var att vaksne individ lenger, dermed vart fangsten konsentrert om unge individ.

4.4 Fangst av 1 eller 2 blåkval

Frå 1936 til 1963 er det ein sterk nedgang i både talet på fanga kval (Figur 3) og prosentdelen av tida ein kjem over 1+, 2+ og 5+ kval (Figur 5, 6 og 7). I prosentdelen av fangstdagane med fangst av eit eller to dyr, er det derimot berre små forandringar fram til 1958 (Her der det viktig å legge merke til at Figur 8 viser fangstprosenten for 1 og 2 blåkval dei dagane da det spesifikk vart fanga blåkval (dvs. at dei dagane utan fangst er trekt ifrå). Dette må ikkje forvekslast med dei føregåande grafane (Figur 5, 6 og 7) som viser den prosentdelen av fangsttida kvalfangarane kom over blåkval i løpet av heile jakttida.). Mellom 1948/49 og 1957/58 ligg gjennomsnittsfangsten på 1 eller 2 kval desse på 40.4% (Figur 8). Når fangsttida for 1 eller 2 blåkval held seg så lenge på 37.4%, så fortel det likevel at storparten av kvalane den gongen som no hadde god avstand til kvarandre..

Dei største kvalgruppene som vart oppdaga på IDCR/SOWER-ekspedisjonane var på 10, 12, 15, 18, 20 og 60 dyr (Branch T. A., *et al.*, 2007). Dette var grupper som beita, og alle grupper på fem eller fleire utgjorde til saman 2.2% av dei observerte kvalane (Branch T. A., *et al.*, 2007). Dagane med størst fangst var sannsynlegvis også slike samlingar av blåkval, sidan det nærmast ville ha vore umogleg å koma over så mange kval på ein tilfeldig måte i eit så stort havområde på berre ein dag. Dei største dagsfangstane var på 25, 26, 27, 29, 32, 33 og 34 dyr. Fangstar på 10, 12, 15, 18 og 20 var elles ganske vanlege, t.d. var det frå 1932 til 1961 heile 86 gongar dagsfangsten var på 10 blåkval og mellom 1935/36 og 1958/59 var det 20 gongar dei fanga 18. Desse store samlingane av blåkval skuldast at dei rikaste krillfelta trekk til seg flest kval.

4.5 Vind og Vêr

Sterk vind og høge bølger kjem ofte i lag fordi vind frå sterk kuling og oppover kan lage bølger av betydeleg høgde (Robinson, 1993). Likeeins kan hendingar på fjerne stadar skape store bølger som fer langt (Met Office, 2014). I tillegg er dei geografiske områda rundt Antarktisk så særskilde (Sørishavet er sirkumpolart og dermed uhindra av landmassar) at sterk vind og store bølger kan koma uavhengig av kvarandre, sidan dei ferdast frå stormar over store avstandar. Vêret kan også skifte mykje, men storleiken på kvalane gjorde at det stort sett berre var svært dårleg vêr som kunne hindra kvaljakta. På ei anna side var og er mykje av kvalobservasjonane avhengig av visuell observasjon (International Whaling Commission, 2012). Dårleg vêr kan påverke sannsynet for å møte ein eller fleire kval, og vil dermed ha betyding for estimering av kvalbestanden. Eg har ikkje funne så mykje tidlegare litteratur som har omhandla dette emnet, kriteria for observasjonsforholda til blåkval kjem frå IWC sitt dokument, *Guide for Researchers* (International Whaling Commission, 2012).

4.5.1 Sjøgang

Det er nær sagt alltid bølger i hava rundt Antarktis. Storleiken på bølgjene kan variere frå små krusingar på vassflata til over ti meter høge bølger. Resultata frå undersøkinga viser (Figur 10) at det var vanleg (mange dagar) å fange få kval ved låg bølgehøgde, og skjeldan (få dagar) å fange mange kval ved høgare bølgehøgde.

Blåkvalfangst skjedde ikkje når sjøgangen gjekk over 6 (høg sjø: 4-6 m) (Figur 10). Det å skote mange kval blir meir krevjande ved aukande sjøgang, og storleiken på dagsfangstane

minkar når bølgehøgda blir større. Dei fleste dagane (størst sirkelareal) med fangst er det for sjøgang på mellom 1 og 5 når dagsfangsten er færre enn 15 dyr. Søylediagrammet og boksplottet for sjøgang (Figur 11 og 12) viser at det gjennomsnittleg vart teke flest kval med sjøgang på 1, og at storleiken på denne fangsten søkk med aukande sjøgang. Der gjennomsnittstorleiken på fangstane søkk (Figur 12), så veks den prosentdelen av fangst (Figur 11) som består av 1 eller 2 kval til nesten det tredobbelte. Samstundes blir det reelle talet på fanga kval så mykje mindre at dei få store fangstane ved større sjøgang, utgjer ein større del av totalfangsten her enn ved mindre sjøgang. Difor representerer søylene lengst til høgre i søylediagrammet (Figur 11) ein større prosentdel av fangsten ved ein sjøgang på 6, enn dei gjer t.d. ved ein sjøgang på 2.

Fangstloggbookene viser at det var fangst av blåkval frå og med ein sjøgang på 6 og mindre, men for dei som var ute på jobb den gongen var det nok mogleg dei prøvde når sjansen baud seg, uansett forhold. Registreringar av fangst ved høg sjøgang hjå kokeriet betyr ikkje nødvendigvis at det var like høg sjø der kvalane vart fanga, om dette var eit stykke unna. Jaktbåtane hadde ei tidsfrist på 33 timar (Small, 1971) på å koma attende med ein skote kval, og i løpet av den tida kan vêret ha forandra seg innan dei kom attende til kokeriet. Sjøen kan også ha roa seg etter registreringa, slik at kval etter dette kan ha vorte fanga under betre forhold enn det som er oppgjeven i loggboka. Utfordringa ved å jakte med høge bølger er ikkje berre å oppdage kvalen, men også å skyte han når både båten og kvalen stig opp og ned på bølgene. Å skyte kvalen riktig var viktig for å avlive han fort og hindre at han sokk. Vart han ikkje skote rett døydde han ikkje fort nok, kvalen kunne dermed slite seg og symje unna før dei fekk tak i han att. Døyde kvalen av skadane seinare ville han også søkke (Johnsen, 1959). Notidas blåkvalobservasjon treng ikkje bekymre seg over å råke kval, utfordringa er å artsbestemme han. Kvalobservasjon går føre seg når sjøgangen er mindre enn 6 (sjå Metodedelen) (International Whaling Commission, 2012), dette stemmer ganske godt med at fangst av blåkval ikkje skjedde når sjøgangen vart større enn 6.

4.5.2 Vind

Ute på havet blæs det nesten alltid, vinden kan gå frå nærmast vindstilt til orkan styrke på svært stutt tid (Robinson, 1993). Blir vinden sterk kan det fort bli både vanskeleg og farleg å arbeide til sjøs. Dette er konsist med resultatet frå boksplottet for vindstyrke (Figur 15) der gjennomsnittsfangsten er størst når vindstyrka er 1 og blir gradvis mindre med aukande vindstyrke. Likeeins blir fordelinga (Figur 14) for fangst større enn 1-2 dyr, betydeleg mindre med aukande vindstyrke, og etter styrke 6 er det svært lite fangst.

Med vinden er det to ting som særleg påverkar fangsten: (1) vindstyrka kan hindre at utblåsinga til kvalen kjem høgt nok til å observerast på avstand, eller (2) vinden kan i samband med vêret (sikten) hindre observatøren i å artsbestemt kvalen. Vindstyrke på over 6 (10.8-13.8 m/s) skapar skumsprøyt som reduserer sikta (Met Office, 2014). Kombinert med regn og snø vil vind redusere avstanden ein kan oppdage kval på, dermed vil sjansen for å sjå kval bli betydeleg redusert. På den andre sida kan vind drive vekk tåke og dermed betre observasjonsforholda.

Vindstyrka under fangsten (Figur 13) kunne variere frå 0 (vindstille: 0 m/s) til 6, (full storm: 24.5-28.4 m/s). Gjennomsnittleg vindstyrke for desse åra ligg på 3.7 (3.4-5.4 m/s) som representerer lett til laber bris. Likevel er det klart at storparten av tida med fangst gjekk føre seg på dagar frå vindstyrke 6 eller lågare. Dette er også i samsvar med moderne observasjonar

som reknar 25 knop (sterk bris: 12,86 m/s) som grensa for akseptabel grense (International Whaling Commission, 2012). Denne grensa er sett fordi, med sterkare vind blir utblåsinga til kvalen forstyrra slik at han anten ikkje blir observert, eller ikkje kan bestemmast til art.

4.5.3 Sikt

For å oppdage kval, er observatøren avhengig av god sikt. Sikten er avhengig av ulike vêrforhold som t.d. sol, regn, tåke og snø. Er det tåke eller sterkt lys mot jaktretninga, kan avstanden ein oppdagar kval på, bli sterkt redusert (International Whaling Commission, 2012). Det same gjeld om ein får sterk vind med mykje snø eller regn, desse kan øydelegge sikta like mykje som tjukk tåke.

Difor er det ganske overraskande at gjennomsnittstorleiken på dagsfangsten forandra seg lite frå kategori 1 til kategori 3 (Figur 18). Dette er i sterk kontrast til den klare forskyvinga mot mindre fangst for sterkare vind og sjøgang.

At det er mindre fangst i den dårlege siktkategori 3 (Figur 16), skuldast i hovudsak at fordelinga av dårleg vêr utarta seg slik; 1238 dagar med kategori 1, 680 dagar med fangst i kategori 2 og 232 dagar med kategori 3. For sikta åleine er det nesten inga forandring i den gjennomsnittleg fangstmengda, og dette skuldast sannsynlegvis storleiken på blåkvalen. Dvs. at det å oppdage eit 20-30 meter langt individ med ei utblåsing som går 9 meter opp i lufta (Jefferson, Leatherwood, & Webber, 1993), ikkje blir så mykje verre sjølv om sikten blir dårlegare.

4.5.6 Vêrindeksen

Resultatet frå vind og sjøgang er samanfallande, større sjøgang og vindstyrke gjer at færre kval blir fanga. Sikta derimot har ikkje så mykje å seie for fangstsuksessen, men saman med vind og sjøgang, spelar sikt ei viktig rolle. Vêrforholda kan både forsterke og dempe kvarandre, difor er det naturleg å tenke at dei samla påverkar fangstsuksessen i ulik grad. Eg har difor ganga verdiane for sjøgang, vindstyrke og sikt (sjå Metodedelen for definisjon) for å undersøke om det er mogleg å lage ein indeks (Figur 19) for dei samla vêrforholda.

Kvalfangarane jakta i mange slags typar vêr, og moderne kvalobservasjon går føre seg under liknande forhold. Indeksen (Figur 19) viser at fangst av 1-5 blåkval kan førekoma opp til relativt høge verdiar (9 på indeksen). Maksimumsverdien for fangst av 5-10 kval bør helst vera under halvparten så høg (4 på indeksen). Sjansen for å koma over fleire enn 10 blåkval på ein dag er best når verdien på indeksen er lågare enn dette att (under 4 på indeksen). Det er nokre punkt der talet på fanga blåkval per dag ligg langt over dei indeksverdiane der mesteparten er konsentrert. Det er særleg to punkt med fangst av 2 og 3 kval på ein dag med indeksverdiar på 9, og eit punkt med fangst av 16 kval med ein indeksverdi på 8 (Figur 19). Det er ikkje utenkeleg at blåkval kan ha vorte teke i så dårleg vêr, men det kan også skuldast at kvalane vart skotne før vêret vart dårleg. Det resultatet for vêrundersøkinga viser er at observasjonskriteria for blåkval, laga av IWC (sjå Metodedelen), ligg innanfor rammene til det kvalfangarane tok blåkval under. Indeksen gjev eit samla bilete over vêrforholda, i tillegg viser den kor mange blåkval det kan vera sannsynleg å koma over under ulike vêrforhold.

4.6 Fangstområdanes forskyving

Kvar vinter i Antarktis veks det fram ei enorm iskappe rundt kontinentet som til saman i september dekker opptil 19 mill. km² av Sørishavet (Fichefet, *et al.*, 2003). Iskappa når si største utbreiing i september før ho tek til å smelte (Mackintosh, 1970). Størst attendegang skjer kvart år i desember/januar, omtrent da jakta på blåkval tok til, og minimumspunktet for isen er i februar-mars (Fichefet, *et al.*, 2003). Når isutbreiinga er på sitt minste i mars, er det så lite is, at det utanom Stillehavskysten og Weddelhavet er mogleg å koma heilt inn til kontinentet (Mackintosh, 1970).

Den årlege isutbreiinga er varierende, og førekomstane av krill følgjer denne svinginga (Scnack-Schiel, 2003). Blant kvalartane er det særleg blåkval og finnkval som kjem til iskanten for å beite krill når isen smeltar (Ackley, Wadhams, Comiso, & Worby, 2003). Desse samlingane av krill kan få ein utstrekning på over 1 km² (Thiele, Edwin, Chester, & Gill, 2000). Når pakkisen så trekk seg attende, er det mykje krill hundrevis av kilometer sør for vårposisjonen til iskanten, og sidan krill ikkje kan flytte seg så langt ute i ope vatn, blir dei verande der (Mackintosh, 1970), dette er kvalfelta. Kvalfangarane jakta ikkje tilfeldig, og i løpet av den antarktiske våren reiste dei frå dei ytre områda av Sørishavet og sørover etter kvart som pakkisen trakk seg attende (Mackintosh, 1970). Dei sørlegaste posisjonane i loggbøkene varierte frå år til år, og er sannsynlegvis ein konsekvens av at blåkvalane er underlagt dei årlege svingingane som er styrt av isutbreiinga og krillførekomstar. Sjølv om dei årlege posisjonane varierte, var det likevel enkelte trekk som gjekk opp att. Både før og etter krigen føregjekk 70% av fangsttida sør for 60°S. Forskjellen er at i åra før krigen vart 64.6% av all blåkvalfangsten teke sør for 60°S, men i tiåra etterpå auka dette til å gjelde 93.7% (Tabell 2). Denne forskyvinga skjedde ikkje brått, men gradvis etter krigen (Appendiks 1, Tabell 6). Frå 1960- talet derimot skjer det ein overraskande nedgang i tida skipa brukte sør for 60°S. I staden for dei tidlegare verdiane på 70%, søkk no opphaldet i dei sørlegaste områda til 46.9% av tida (Appendiks 1, Tabell 6).

Når ein undersøker prosentdelen av tida på jakt for dagane med fangst av 1 og 2 blåkval (Figur 8), så viser grafen frå 1935/36-1958 ei auking i prosentdelen frå 22% til 45%. Denne aukinga følgjer svingingar som fluktuerer meir eller mindre tilfeldig. Frå 1958 til 1961/62 er det derimot ei sterk auking i andelen med fangst av 1-2 kval som da går brått opp frå 45% til 84.0%. Det same mønsteret gjentek seg for fangst av enkeltkval (Figur 9). Ein prosentdel (Figur 8) som fluktuerer opp og ned fram til 1957/58, tyder på at ein relativt stor del av fangsten var konsentrert der fleire blåkval var på same stad. Dette var stadane nær iskanten som blåkvalen oppsøkte i sommarhalvåret for å beite på dei enorme krillførekomstane. Fram til om lag 1958 var mengda av blåkval stor nok i desse områda til at jakta kunne forsvarast økonomisk. Men etter 1960 brukte kvalfangarane plutsleg mykje mindre tid i dei sørlege farvatna (Appendiks 1, Tabell 6), og frå 1960 er det også nesten berre ein eller to kval som blir teke når det fyrst er fangst (Figur 8). Det er såleis rimeleg å anta at kvalfangarane reduserte jakttida si i dei sørlege områdene fordi tettleiken der var så liten, at det ikkje var forsvarleg å sende ein ekspedisjon dit når det ikkje var meir å hente.

Historisk skjedde 99.2% av all blåkvalfangsten i Antarktis, sør for 52°S (Branch T. A., *et al.*, 2007). Det er også tidlegare kjent at områda nord for 60°S stod for 20.2% av all fangst i Sørishavet (Branch T. A., 2007). I denne studien har eg sett at for åra med 2-3 kokeri var fangstprosenten til saman 20,85% nord for 60°S, og dette er eit godt samsvar. Det vil seie at rundt ein femtedel av alle kvalane skulle vera i nord. I ettertid har likevel alle internasjonale

kvalobservasjonar gått føre seg sør for 60°S (International Whaling Commission, 2012). Fangstforskyvinga i dei nordlege områda søkk frå 35.6% på 1930- talet til 6.3% på 1950-talet, og viser at det i dag mest sannsynleg er lite å hente på å reise nord for 60°S på telletoktene. Etter kvart som tettleiken av blåkval vart mindre i sør, kunne blåkval frå områda i nord migrere dit for å beite krill på dei ledige felta. Slik vart dei nordlege delane av Sørishavet tømte for blåkval. IDCR/SOWER ekspedisjonane som utførde telletoktene, gjorde nesten alle observasjonane av blåkval nær pakkisen i sør, sjølv om dei leita opp til 60°S (Branch T. A., *et al.*, 2007). Det er difor liten grunn til å tru at det skal vera større blåkvalkonsentrasjonar nord for 60°S i dag.

4.7 Estimering av kvalbestanden

Blåkvalpopulasjonen i Sørishavet, var ifølgje Den Internasjonale Kvalfangstkommisjonen (IWC) for året 1997/98 på ca. 2300 individ (International Whaling Commission, 2013), av totalt 5000 – 12 000 på verdsbasis (COSEWIC committee on the status of endangered wildlife in Canada, 2002). Det er gjort fleire forsøk på å estimere den opphavlege blåkvalbestanden på basis av gjennomsnittsfangstane til flåten. På den sørlege halvkule vart bestanden av blåkval i 1904 berekna til å vera om lag 239 000 individ (95 % Bayesisk intervall 202 000 – 311 000) (Branch, *et al.* 2007).

No går vi over til å sjå kva slags konsekvensar vi kan trekke av statistikken til Thor Dahl: Vi har sett korleis fangstane til Thor Dahl har eit samsvar på 97.5% med fangsten til den samla antarktiske flåten (Figur 4), og at fangsten til Thor Dahl utgjer 9.7% av fangstane i Sørishavet. Fangstnedgangen hjå Thor Dahl og den samla fangstflåten følgjer det same mønsteret (Figur 3 og 1). Det er dermed rimeleg grunn til å anta at dei observerte trendane (Figur 5, 6, 7, 8 og 9) er gjeldane for utviklinga til heile blåkvalbestanden i Sørishavet. Møteprosenten for tida kvalfangarane kjem over ulike mengder blåkval varierer, men søkk, uavhengig om det er 1+, 2+ eller 5+ (Figur 5, 6 og 7). Både dei lineære og kvadratiske trendane ender i ein utrydda bestand (dvs. skjer tids-aksen) ein eller annan gong i løpet av 1960- talet. I røynda gjekk sjølv sagt ikkje bestanden i null sidan det alltid vil vera nokon som overlev på ulike stadar, anten i vern av isdekke eller ved rein tilfeldigheit.

Let oss fyrst sjå kva sjølve fangsttala til Thor Dahl A/S seier om storleiksordenen til bestandsnedgangen. Den klassiske modellen at fangst per innsats er proporsjonal med bestanden har følgjande konsekvens: Selskapets gjennomsnittlege årlege fangst, fall frå 1330.5 dyr på 1930- talet til 54.5 på 1960- talet. Dersom fangsten er proporsjonal med bestanden tyder det at den estimerte mengda blåkval på 1960- talet var $100 \cdot (54.5/1330.5) = 4.1\%$ av nivået i 1930- åra. Denne nedgangen stemmer godt med estimata som er utarbeida i 2004. Samanliknar ein med nedgangen i den totale antarktiske fangsten i same periode, ser ein at denne $100 \cdot (1942/60967) = 3.2\%$, er svært lik. Dagens bestand er likevel i 1996 estimert til berre å vera 0.7% (0.3% - 1.3%) av den opphavlege bestanden (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004). Det må her påpeikast at nedgangen estimert på basis av fangsttala antakeleg er for liten av to årsakar:

1) Sidan innsatsen auka, vart fangst per år halde kunstig oppe. Flåtens struktur forandra seg opp gjennom åra, så det er inga lett oppgåve å rekne på fangstinnsatsen. Nye kvalkokeri med større kapasitet kunne ta imot fleire kval, dei hadde fleire og raskare jaktbåtar og radar som

var blant dei tinga som auka jakteffektiviteten (Small, 1971). Så fordi ressursane som vart lagt inn for å fange kval vart større, så vart utbyttet større enn om innsatsen hadde vore konstant. Med andre ord; i dei matematiske modellane blir fangsten for stor i forhold til bestandnivået, og det medfører at bestanden etter kvart overestimerast dersom ein går ut ifrå at fangsten er proporsjonal med talet på kval.

2) Sidan dei gode områda vart tømt for kval, medan det samstundes vart rekruttert frå suboptimale områder, vart fangst per år halde kunstig oppe også pga. denne faktoren. Kval i randsonen trekte inn til dei beste beiteområda der fangstintensiteten var størst, og dermed held dei årlege fangstane på eit nivå som ikkje reflekterer den reelle nedgangen. Dette resulterer i same effekt som når innsatsen aukar: bestanden overvurderst.

Desse to faktorane trekk i same retning men er dessverre svært vanskelege å talfeste. Nedgangen basert på proporsjonalitet mellom fangst og bestandantal gjev altså overestimering fordi ein fangar meir enn ein skulle dersom modellantakingane var riktige, og difor trur likningane at bestanden er høgare enn den verkeleg er. Det at dei to faktorane som er nemnt ovanfor er til stades, går tydeleg fram av at medan nedgangen i 5 eller fleire kval er konstant (Figur 7), så akselererte nedgangen i to eller fleire kval per dag (Figur 5 og 6). Konsekvensen er at vi ikkje kan utelate at den verkelege nedgangen frå 1930- talet ikkje er $100 \cdot (1 - 54.5/1330.5) = 95.9\%$ men enda meir alvorleg, t.d. 99%.

Nedgangen kunne midlertidig ikkje vera uoppretteleg, fordi sjølv om blåkvalen har vore totalfreda sidan 1966 (Bannister, *et al.*, 2013) så viser følgjande to hendingar at det faktisk er enda eit stykke att til utrydding:

- 1) Det var både *underrapportering* og *ulovleg* sovjetisk fangst fram mellom 1946 – 1983, totalt 13 035 vart teke mot 3651 rapportert (Ivashchenko, Clapman, & Brownell Jr, 2011). Så det må framleis ha vore blåkval att på ulike stadar etter 1966.
- 2) Blåkvalen blir framleis sett på moderne telletokter. Det har på desse toktene vorte observert mellom 0.17 og 0.52 blåkval for kvar tusande kilometer i Antarktis, og da er kvalane meir konsentrert rundt iskanten enn dei historiske fangstane var (Branch T. A., *et al.*, 2007). Mellom den antarktiske konvergens (hovudsakleg området sør for 60°S) og iskanten er det om lag 9 millionar km² med hav (Small, 1971), så det seier seg sjølv at det er svært vanskeleg å utarbeide pålitelege tal for blåkvalbestanden i eit så stort område. Heldigvis tyder telletokter etter 1973, at bestanden er aukande (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004).

4.7.1 Moderne telletokt og deira resultat

Informasjon om den sørlege blåkvalpopulasjonen kjem hovudsakleg frå tre store langtidsstudiar, IWC's International Decade of Cetacean Research og Southern Ocean Whale and Ecosystem Research Circumpolar programs (IDCR/SOWER), Japanese Scouting Vessels (JSV) og Japanese Whale Research Program Under Special Permit in the Antarctic (JARPA) (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004). Det er særleg IDCR/SOWER som er interessante med tanke på samanliknbare observasjonssett sidan byggjer på tre seriar med observasjonar rundt Antarktis, 1979-1984, 1986-1991 og 1992-2001. 95% -konfidensintervallet for åra 1981, 1988 og 1996 er hhv. (250: 1200), (270: 1700) og (860: 4200).

Likevel er ikkje desse observasjonssetta utan kritikk, under den fyrste undersøkinga (kalla CPI) var det eitt fartøy som leita langs iskanten rundt Antarktis medan eit anna eit reiste i eit tårn-forma mønster, noko som førte til store utforska områder (Branch T. A., 2007). Den

andre undersøkinga (CPII) følgde fartøya eit sikk-sakk mønster, men ikkje heilt opp til 60°S (Branch T. A., 2007). det tredje settet (CPII) tok 13 år (i motsetnad til dei to fyrste som tok 6 år), og dekkja heile havområdet sør for 60°S ned til iskanten (Branch T. A., 2007). SOWER ferdande gjekk føre seg over ei periode på 32 år (1978/79-2009/10) og var organisert av IWC med hovudvekt på Vågekval som det framleis var jakt på da prosjektet starta (International Whaling Commission, 2012). Programmet involverte mellom 1 og 4 skip årleg, og kom til å dekke eit område på om lag 216 000 nautiske mil sør for 60°S og reiste rundt det antarktiske kontinent 3 gongar. 43 000 observasjonar av kval vart gjort, derav 400 Blåkval (International Whaling Commission, 2013).

Uansett kva for bestandsestimat som er nærmast sanninga, så er mengda av blåkval i Sørishavet svært låg i forhold til den opphavlege bestanden; heilt nede i storleiksordenen 1% (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004). Nedgangen i talet på individ sokk fort etter 1958, og vart svært låg på 1960- talet. Langsam formering, store avstandar og få individ vil i mange år hindre den attverande bestanden i å vekse med maksimal kapasitet. Kor fort talet på individ aukar, og om han gjer det i det heile tatt, er vanskeleg å finne ut på grunn av få observasjonar. Likevel er det ting som tyder på at bestanden tek seg opp att, om enn sakte (Branch T. A., 2007). På den andre sida skulle bestanden i Sørishavet vera relativt godt verna på grunn av områdets store avstand til tungt trafikkerte havområder.

5 Framtidig forskning

Loggbøkene frå kvalkokeria er ei uunnverleg kjelde til informasjon om kvalane som vart fanga. Di meir data ein kan hente ut, di betre estimeringar er mogleg å gjera, og loggbøkene til andre norske kvalfangstselskap vil kunne bidra til dette. Ved å samanlikne fleire kokeri kan ein få eit mål på standardavvik til trendkurvane og å sjå kor stor betyding desse har. Dessutan kan ein gjera liknande undersøkingar på andre kvalartar og samanlikne desse med kvarandre. Dette gjeld særleg Spermkval, Finkkval, Seikval og til ein viss grad Knølqual. Loggbøkene inneheld opplysingar, ikkje berre på kor mange kval av kva for art som vart teke, men også anna informasjon som lengde, kjønn, foster, samt posisjon, dato, lufttrykk, temperatur, vêr og isforhold. Her kan ein bl.a. undersøke korleis storleiken på dei fanga kvalane varierer, mengda kval med foster og kjønnsfordeling. Ved å legge skipsposisjonane inn på eit sjøkart på PC, vil ein også kunne følgje den daglege og årlege utviklinga i kvalfangsten, ikkje berre for heile Sørishavet, men også lokale fangstområder. Det vil da også vera mogleg å sjå om kval frå ulike fangstområder er forskjellege frå kvarandre og kor tettleiken var størst. Frå eit miljø- og klimaperspektiv vil det vera interessant å samle alle sjø og vêrdata og sjå korleis desse forandrar seg frå 1930- til 1960- talet.

For dei som jobbar ute på havet med kvalobservasjon, er det fleire nyvinningar som kan gjera det lettare å telle kval. Blant dei nye ressursane som har vorte teke i bruk etter 1996 er passiv akustikk for å lytte etter kvalane (Branch T. A., *et al.*, 2007). Kvalobservasjon ved hjelp av passiv akustikk har fordelane framfor visuell observasjon med at kvalane kan oppdagast, når dei er under vatnet, når vêr er for mørkt/dårleg til å sjå noko, og at kvalane kan bli oppdaga på mykje større avstand enn det er mogleg å sjå dei (Gedamke & Robinson, 2010). Særleg blåkvalen har det vist seg lett å oppdage med passiv akustikk, ulempa er at kval som ikkje lagar lyd, ikkje blir oppdaga (Gedamke & Robinson, 2010) (Sirovic & Hildebrand, 2011). Passiv akustikk har vist seg å vera egna til å oppfatte blåkval på 10-100 km avstand, sjølv om

ingen vart sett visuelt (Sirovic & Hildebrand, 2011). Kanskje kan passiv akustikk etter kvart brukast til å dekke så store områder at dei er representative for dei viktigaste kvalfelt i Sørishavet. I så fall vil ein kunne samanlikne den tidlegare møteprosenten med dagens observasjonar. Da vil det vera mogleg å gjera lokale estimering av den noverande kvalbestanden ut frå den observerte kvalitettleiken.

6 Konklusjon

Tidlegare har studiar på blåkvalbestandens nedgang i Sørishavet teke for seg mest mogleg data og utrekningar basert på gjennomsnittstal som deretter vart putta inn i modellane. Denne undersøkinga har vist at det er mogleg å sjå på fangstane til nokre få kokeri og samstundes få eit resultat som speglar den samla nedgangen for blåkvalbestanden. Kvalfangstselskapet Thor Dahl A/S representerer utviklinga i fangstnedgangen svært godt, difor er det rimeleg å anta at trendane som vart observert, også var lik for den samla fangstflåten. Fordelen ved å følgje dette kvalfangstselskapet er at ein oppnår måltal som er meir kjenslevar for bestandstorleiken. I løpet av dei årlege jakttidene i åra 1935/36 til 1962/63, sokk møteprosenten der dei fanga blåkval, kraftig. For fangst av ein eller fleire blåkval fell møteprosent frå hhv. 90.9% til 1%. For to eller fleire frå 78.2% til 0.5%, og for fem eller fleire frå 32% til 0%. Nedgangen i møteprosenten for blåkval i løpet av fangsttida frå 1935/36 til 1962/63 kan skildrast med to modellar: Den mest signifikante modellen for fangst av ein eller fleire og to eller fleire kval er kvadratisk, medan den for flokkar på fem eller fleire er lineær. Modellane, uavhengig om dei er lineære eller kvadratiske, spår ein utrydda bestand (skjer tidsaksen) i fyrste halvdel av 1960- talet og samsvarer dermed med tidlegare estimat som seier at populasjonen den gongen må ha vore svært liten. Loggbøkene til Thor Dahl A/S viser også eit skifte i bestandstrukturen frå 1958 da fangst av enkeltkval brått vart vanlegare enn før. Kvalfangsten gjennomgjekk også ei forskyving sørover mot iskanten. Områda nord for 60°S stod for ein stadig mindre del av fangsten frå 1930- talet til 1960- talet, noko som også stadfestar ein betydeleg nedgang i bestanden. Informasjonen frå loggbøkene har dessutan gjort det mogleg å undersøke under kva vêrforhold det var mest optimalt å fange blåkval. Resultatet frå dette stemmer godt med dei forholda ein observerer blåkval på i dag. Ein vêrindeks som samlar verdiane for dei ulike vêrforholda, viser at blåkval kunne bli fanga under nær sagt all slags vêr mindre enn storm styrke, men også at det vart færre store fangstar med dårlegare vêr. Om ein ser på nedgangen i fangsten som proporsjonal med bestanden, så er bestanden i byrjinga av 1960- talet på rundt 4%. Likevel så er det mest sannsynleg at den auka jakteffektiviteten gjorde at dette talet i røynda var enda lågare.

Referanser

- Ackley, S., Wadhams, P., Comiso, J. C., & Worby, A. P. (2003). Decadal Decrease of Antarctic sea Ice Extent Inferred from Whaling Records Revisited on the Basis of Historical and Modern Sea Ice Records. *Polar Research*, 22(1), 19-25.
- Bannister, J. L.; Best, P. B.; Brown, M.; Brownell Jr, R. L.; Butterworth, D. S.; Clapham, P. J.; Cooke, J.; Donovan, G. P.; Urbàn, J.; Zerbini, A. N. (2013). *IUCN Red List of Threatened Species: Balaenoptera musculus*. Hentet 01 14, 2014 fra IUCN Red List of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/details/2477/0>
- Berta, A., & Sumich, J. L. (1999). *Marine Mammals: Evolutionary Biology* (1. utg.). San Diego: Academic Press.
- Branch, T. A., Matsuoka, K., & Miyashita, T. (2004). Evidence for increases in Antarctic Blue Whales based on bayesian modelling. *Marine Mammal Science*, 20(4), 726-754.
- Branch, T. A. (2007). Abundance of Antarctic blue whales south of 60 degree S from three complete circumpolar sets of surveys. *Journal of Cetacean Research and Management*, 9(3), 253-262.
- Branch, T A; Stafford, K M; Palacios, D M; Allison, C; Bannister, J L; Burton, C L. K; Cabrera, E; Carlson, C A; Galletti Vernazzani, B; Gill, P C; Huckle-Gaete, R; Jenner, K C. S; Jenner, M N. M; Matsuoka, K; Mikhalev, Y A; Miyashita, T; Morrice, M G; Nishiwaki, S; Sturrock, V J; Tormosov, D; Anderson, R C; Baker, A N; Best, P B; Borsa, P; Brownell JR, R L; Childerhouse, S; Findlay, K P; Gerrodette, T; Ilangakoon, A D; Joergensen, M; Kahn, B; Ljungblad, D K; Maughan, B; Mc Cauley, R D; Mc Cay, S; Norris, T F; Rankin, S; Samaran, F; Thiele, D; van Waerebeek, K; Warneke, R M. (2007, 04 21). Past and present distribution, densities and movements of blue whales balaenoptera musculus in the Southern Hemisphere and northern Indian Ocean. *Mammal Review*, 37(2), ss. 116-175.
- Budker, P. (1958). *Whales and Whaling*. London: George G. & Harrap & Co.
- COSEWIC committee on the status of endangered wildlife in Canada. (2002, 05). <http://www.registrelep-sararegistry.gc.ca>. Hentet 03 16, 2013 fra Welcome to the Species at Risk Public Registry: http://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_blue_whale_e.pdf
- Crawley, M. J. (2007). *The R book* (1. utg.). Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Encyclopædia Britannica Online blue whale. (2002). *blue whale*. [Art]. *Encyclopædia Britannica Online*. Hentet 05 08, 2014 fra Encyclopædia Britannica Online: <http://global.britannica.com/EBchecked/media/67440/Blue-whale>
- Fichefet, T., Geophysique, I. d., Gosse, H., Lemaître, G., Louvain, U. C., Louvain-La-Neuve, B., & Tartinville, B. (2003). Antarctic sea ice variability during 1958 - 1999: A simulation with a global ice-ocean model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C3), 1 - 11.
- Gedamke, J., & Robinson, S. M. (2010). Acoustic survey for marine mammal occurrence and distribution off East Antarctica (30-80°E) in January-February 2006. *Deep-Sea Research II*, 57(9-10), ss. 968-981.

- Havforskningsinstituttet. (2012, 01 30). *Havforskningsinstituttet: Temaside: Antarktisk krill*. Hentet 05 06, 2014 fra Havforskningsinstituttet:
http://www.imr.no/temasider/plankton/dyreplankton/antarktisk_krill/nb-no
- International Whaling Commission. (2012, 01 07). *SOWER Cruise 2008/2009: Guide or Researchers*. Hentet fra www.iwc.int:
<http://iwc.int/private/downloads/etqkmccvto0sw0w8s0cs80400/Guide%20%20for%20Researchers%202008-09.pdf>
- International Whaling Commission. (2012). *SOWER Cruise 2008/2009*. Hentet 05 14, 2014 fra www.iwc.int: <http://iwc.int/sower>
- International Whaling Commission. (2013). *International Whaling Commission: SOWER Cruise 2008/2009*. Hentet 01 15, 2014 fra www.iwc.int: <http://iwc.int/sower>
- International Whaling Commission. (2013). *Whales - Population Estimates*. Hentet 03 03, 2013 fra www.iwcoffice.org: <http://iwc.int/estimate>
- Ivashchenko, Y. V., Clapman, P. J., & Brownell Jr, R. L. (2011, 12). Soviet illegal whaling: The devil and the details. *Marine fisheries review*, ss. 73-92.
- Jefferson, T. A., Leatherwood, S., & Webber, M. A. (1993). *Marine Mammals of the World*. Roma: United Nations Environment Programme: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jenkins, J. T. (1932). *Whales and Modern Whaling*. London: H.F. & G. Witherby.
- Johnsen, A. O. (1959). *Den moderne hvalfangsts historie: Opprinnelse og utvikling (første bind)* (1. utg.. utg.). Oslo: H. Aschehoug & Co. (W. Nygaard).
- Lardex. (2006). *Lardex Group A/S Thor Dahl rederi: Ole Wegger*. Hentet 05 08, 2014 fra http://thor-dahl.lardex.net/skip/skipstekst/1928_ole.htm
- Lardex. (2006). *Lardex Group A/S Thor Dahl rederi: Solglimt*. Hentet 05 08, 2014 fra <http://thor-dahl.lardex.net/skip/skipstekst/1930Solglimt.htm>
- Lardex. (2006). *Lardex Group A/S Thor Dahl rederi: Thorshammer*. Hentet 05 08, 2014 fra <http://thor-dahl.lardex.net/skip/skipstekst/1928Thorshammer.htm>
- Lardex. (2006). *Lardex Group A/S Thor Dahl rederi: Thorshavet*. Hentet 03 01, 2014 fra http://thor-dahl.lardex.net/skip/skipstekst/1947_thorshavet.htm
- Lardex. (2006). *Lardex Group A/S Thor Dahl rederi: Thorshøvdi*. Hentet 03 01, 2014 fra http://www.lardex.net/thor-dahl/skipstekst/1948_thorshovdi.htm
- Mackintosh, N. A. (1970). Whales and Krill in the Twentieth century. I M. W. Holdgate (Red.), *Antarctic Biology: Volume 1* (ss. 195-213). London: The Scientific Committee for Antarctic Research by Academic Press INC.
- Makarov, R. R., Naumov, A. G., & Shevtsov, V. V. (1970). The Biology and the Distribution of the Antarctic Krill. I M. W. Holdgate (Red.), *Antarctic Ecology: Volume 1* (ss. 173-176). London: The Scientific Committee on Antarctic Research by Academic Press Inc.
- Met Office. (2014, 03 19). *Factsheet Met Office*. Hentet 04 09, 2014 fra MetOffice.gov.uk:
www.metoffice.gov.uk/learning/library/publications/factsheets

- Meteorologisk Institutt. (2010, 10 07). *Meteorologiskeksikon - MetLex*. Hentet 05 05, 2014 fra met.no: <http://www.met.no/Meteorologi/Meteorologileksikon/>
- Mizroch, S. A., Rice, D. W., & Breiwick, J. M. (1984). The Blue Whale, *Balaenoptera musculus*. *Marine Fisheries Review*, 46(4), 15-19.
- Robinson, A. (1993). *Earthshock, climate complexity and the forces of nature* (1. utg.). London: Thames and Hudson Ltd.
- Scnack-Schiel, S. B. (2003). The Macrobiology of Sea Ice. I D. N. Thomas, & G. S. Dieckmann, *Sea Ice An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology* (ss. 211-234). Oxford: Blackwell Science LTD.
- Sirovic, A., Hildebrand, J. A., Wiggins, S. M., & Thiele, D. (2009). Blue and fin whale acoustic presence around Antarctica during 2003 and 2004. *Marine Mammal Science*, 25(1), 125-136.
- Sirovic, A., & Hildebrand, J. A. (2011). Using passive acoustics to model blue whale habitat off the Western Antarctic Peninsula. *Deep-Sea Research Part II in Topical studies in Oceanography*, 58(13-16), 1719-1728.
- Small, G. L. (1971). *The Blue Whale* (1. utg.). New York: Columbia University Press.
- Thiele, D., Edwin, T., Chester, P., & Gill, C. (2000). Cetacean distribution off Eastern Antarctica (80–150°E) during the Austral summer of 1995/1996. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47(12-13), 2543-2572.
- Tønnesen, J. N. (1970). *Den Moderne Hvalfangsts Historie: Den Pelagiske Fangst 1937-1969 (fjerde bind)* (1. utg. utg.). Sandefjord: Norges Hvalfangerforbund.

Appendiks 1

Tabell 1. Start og sluttdatoen for dei ulike ekspedisjonane for forskjellige år.

Kommentarfeltet seier kor mange av kokeria start og sluttdatoen gjeld for. Datoane er henta frå dei individuelle loggbøkene.

Sesong	Dato for start av blåkvalfangst	Dato for slutt av blåkvalfangst	Kommentar
1932/33	23.10.1932	19.03.1933	Alle kokeri (1)
1935/36	01.12.1935	08.03.1936	Solglimt
1935/36	01.12.1935	27.02.1936	Ole Wegger
1935/36	01.12.1935	05.03.1936	Thorshammer
1936/37	08.12.1936	07.03.1937	Alle kokeri (3)
1937/38	08.12.1937	16.03.1938	Eit kokeri
1937/38	08.12.1937	15.03.1938	To kokeri
1938/39	08.12.1938	07.03.1939	Alle kokeri (2)
1945/46	24.11.1945	24.03.1946	Alle kokeri (1)
1947/48	07.12.1947	31.03.1948	Alle kokeri(1)
1948/49	15.12.1948	26.03.1949	To kokeri
1948/49	15.12.1948	27.03.1949	Eit kokeri
1949/50	22.12.1949	15.03.1950	Alle kokeri (2)
1950/51	22.12.1950	09.03.1951	To kokeri
1950/51	22.12.1950	10.03.1951	Eit kokeri
1951/52	02.01.1952	05.03.1952	Alle kokeri(3)
1952/53	02.01.1953	16.03.1953	Alle kokeri (2)
1953/54	16.01.1954	18.03.1954	Alle kokeri (3)
1954/55	21.01.1955	19.03.1955	Alle kokeri (3)
1955/56	01.02.1956	04.03.1956	Alle kokeri (3)
1956/57	01.02.1957	16.03.1957	Alle kokeri (3)
1957/58	01.02.1958	16.03.1958	Alle kokeri (3)
1958/59	01.02.1959	16.03.1959	Alle kokeri (3)
1959/60	01.02.1960	07.04.1960	Alle kokeri (3)
1960/61	01.02.1961	07.04.1961	Alle kokeri (3)
1961/62	01.02.1962	07.04.1962	Alle kokeri (3)
1962/62	01.02.1963	07.04.1963	Alle kokeri (2)

Tabell 2. Blåkvalfangsten for gjeldande sesong for Thor Dahl og den samla Antarktiske fangsten dette året, samt Thor Dahl's prosentvise del av totalfangsten.

År	Thor Dahl A/S	Samla antarktisk fangst	%av den antarktiske fangsten
1932/33	853	18318	4,7
1933/34	0	17256	0,0
1934/35	0	16499	0,0
1935/36	1733	17709	9,8
1936/37	1493	14294	10,4
1937/38	1600	14893	10,7
1938/39	496	14071	3,5
1939/40	0	11486	0,0
1940/41	0	4940	0,0
1941/42	0	45	0,0
1942/43	0	125	0,0
1943/44	0	339	0,0
1944/45	0	1043	0,0
1945/46	799	3601	22,2
1946/47	0	9214	0,0
1947/48	298	6924	4,3
1948/49	911	7624	11,9
1949/50	738	6182	11,9
1950/51	996	6976	14,3
1951/52	635	5042	12,6
1952/53	392	3833	10,2
1953/54	350	2697	13,0
1954/55	159	2170	7,3
1955/56	299	1585	18,9
1956/57	237	1501	15,8
1957/58	278	1660	16,7
1958/59	262	1076	24,3
1959/60	66	530	12,5
1960/61	84	476	17,6
1961/62	64	603	10,6
1962/63	4	333	1,2

Tabell 3. Tidsrommet Thor Dahl opererte i Antarktis og talet på blåkval dei fanga da, samanlikna med den totale antarktiske fangsten for dei same sesongane.

	Thor Dahl A/S 1932-63 (År med tilgjengeleg fangstdata)	Samla Antarktiske fangst 1932-63 (Same sesongar som for Thor Dahl)
Blåkval	12 747	132 098

Tabell 4. Tala på jaktskip til dei enkelte kvalkokeria i løpet av dei kvaljaktseongane. Alle tal er henta frå tilgjengelege loggbøker i arkiva til *Hvalfangstmuseet i Sandefjord*.

År	Kokeri	Jaktbåtar	År	Kokeri	Jaktbåtar
1932/33	Solglimt	6	1953/54	Thorshammer	10
			1953/54	Thorshavet	13
1935/36	Solglimt	7	1953/54	Thorshøvdi	17
1935/36	Ole Wegger	7			
1935/36	Thorshammer	7	1954/55	Thorshammer	10
			1954/55	Thorshavet	13
1936/37	Solglimt	6	1954/55	Thorshøvdi	12
1936/37	Ole Wegger	6			
1936/37	Thorshammer	6	1955/56	Thorshammer	10
			1955/56	Thorshavet	13
1937/38	Solglimt	8	1955/56	Thorshøvdi	13
1937/38	Ole Wegger	8			
1937/38	Thorshammer	8	1956/57	Thorshammer	10
			1956/57	Thorshavet	12
1938/39	Ole Wegger	8	1956/57	Thorshøvdi	10
1938/39	Thorshammer	8			
			1957/58	Thorshammer	10
1945/46	Thorshammer	8	1957/58	Thorshavet	12
			1957/58	Thorshøvdi	11
1947/48	Thorshammer	9			
			1958/59	Thorshammer	10
1948/49	Thorshammer	8	1958/59	Thorshavet	12
1948/49	Thorshavet	11	1958/59	Thorshøvdi	12
1948/49	Thorshøvdi	11			
			1959/60	Thorshammer	8
1949/50	Thorshammer	10	1959/60	Thorshavet	9
1949/50	Thorshavet	12	1959/60	Thorshøvdi	12
1950/51	Thorshammer	11	1960/61	Thorshammer	9
1950/51	Thorshavet	14	1960/61	Thorshavet	11
1950/51	Thorshøvdi	15	1960/61	Thorshøvdi	12
1951/52	Thorshammer	12	1961/62	Thorshammer	9
1951/52	Thorshavet	14	1961/62	Thorshavet	11
1951/52	Thorshøvdi	14	1961/62	Thorshøvdi	12
1952/53	Thorshammer	13	1962/63	Thorshavet	8
1952/53	Thorshavet & Thorshøvdi	17	1962/63	Thorshøvdi	8

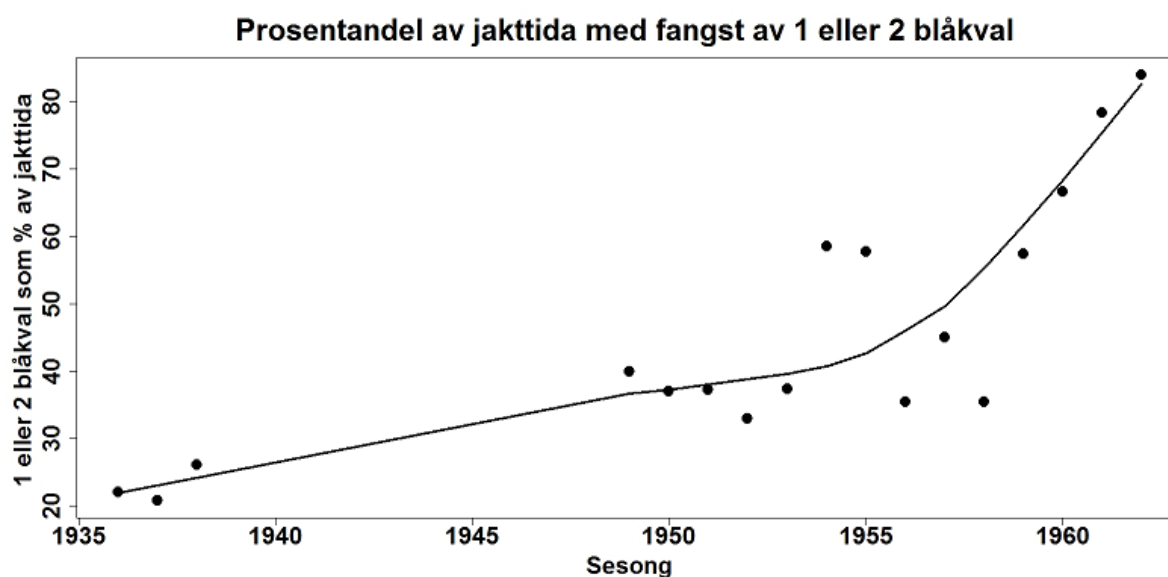
Tabell 5. Samla fangst av Blåkval i Sørishavet for heile den antarktiske flåten (Branch, Matsuoka, & Miyashita, 2004).

År	Blåkvalfangst i Sørishavet	År	Blåkvalfangst i Sørishavet
1905	11	1940	11486
1906	62	1941	4940
1907	110	1942	45
1908	143	1943	125
1909	238	1944	339
1910	181	1945	1043
1911	481	1946	3601
1912	1504	1947	9214
1913	2404	1948	6924
1914	2635	1949	7624
1915	4206	1950	6182
1916	4871	1951	6976
1917	3820	1952	5042
1918	2552	1953	3833
1919	1801	1954	2697
1920	1874	1955	2170
1921	2617	1956	1585
1922	4305	1957	1501
1923	5978	1958	1660
1924	3727	1959	1076
1925	6013	1960	530
1926	4923	1961	476
1927	6474	1962	603
1928	8170	1963	333
1929	12731	1964	176
1930	17997	1965	120
1931	29409	1966	153
1932	6489	1967	154
1933	18318	1968	57
1934	17256	1969	95
1935	16499	1970	43
1936	17709	1971	34
1937	14294	1972	17
1938	14893	1973	3
1939	14071		

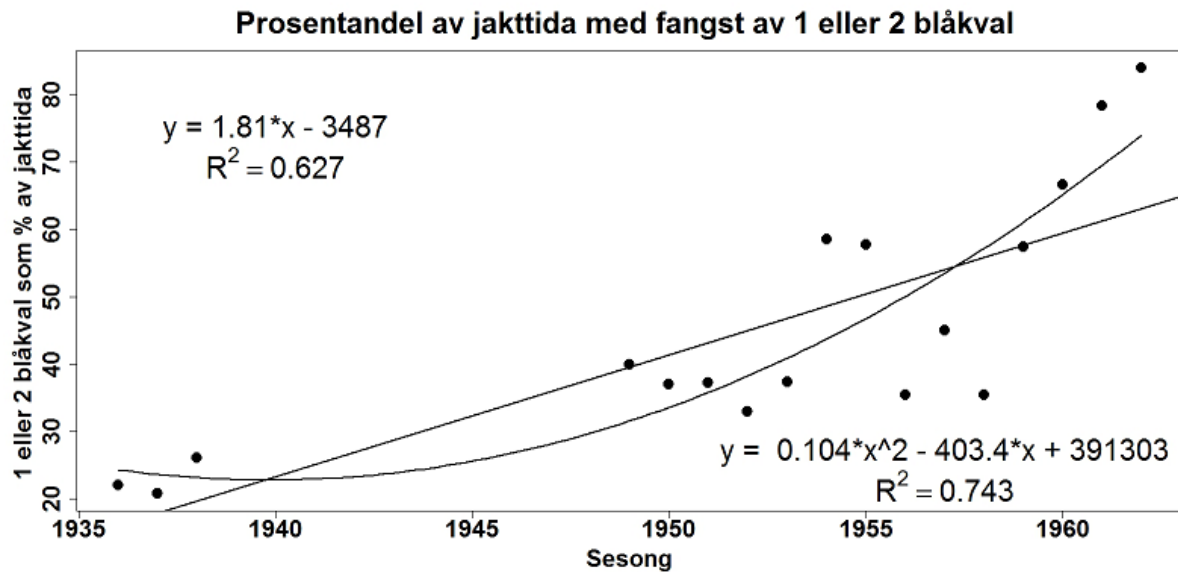
Tabell 6. Prosentdelen av totalen, dagar og blåkval som vart levert når kokeria var nord eller sør for 60°S for tidsperiodane (1-3 kokeri), 1932-39, 1945-49, 1950-59 og 1960-63.

	Dagar nord for 60°S	Dagar nord for 60°S (%)	Tot. Blå nord for 60°S	Blå nord for 60°S (%)	Dagar sør for 60°S	Dagar sør for 60°S (%)	Tot. Blå sør for 60°S	Blå sør for 60°S (%)
1932-39	381	32.5 %	2441	39.5 %	789	67.5 %	3734	60.5 %
1945-49	88	16.1 %	387	19.3 %	457	83.9 %	1621	80.7 %
1950-59	337	20.9 %	185	4.3 %	1272	79.1 %	4161	95.7 %
1960-63	388	53.1 %	26	11.9 %	343	46.9 %	192	88.1 %

Under følgjer figurar med lokalt vekta glattingskurver (Figur 8b og 9b), og figurar med lineære og kvadratiske modellar (Figur 8c og 9c) for Figur 8 og 9 i resultatdelen.

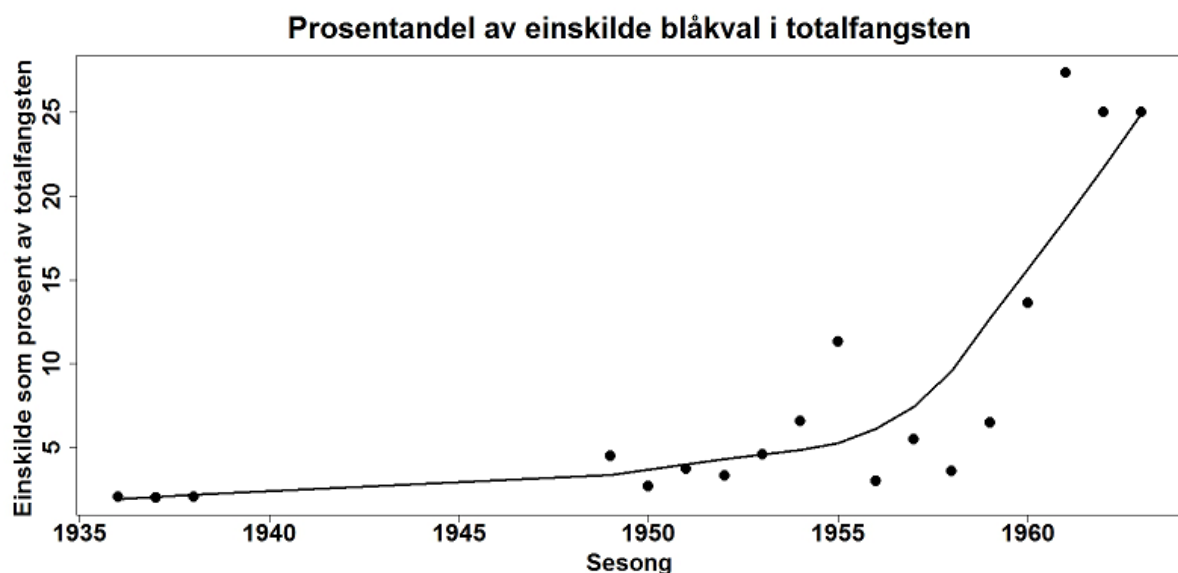


Figur 8b . Prosent av jakttida med fangst, der fangsten bestod av ein eller to blåkval i sesongar med 1, 2 og 3 kokeri. Lokal vekta glattingskurve (loess).

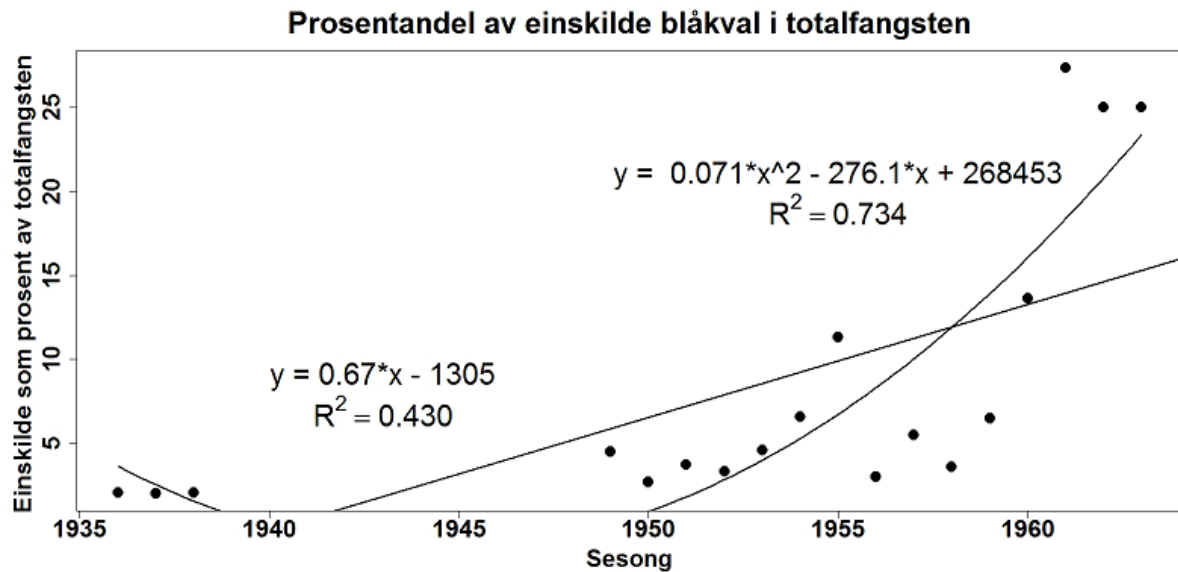


Figur 8c. Prosent av jakttida med fangst, der fangsten bestod av ein eller to blåkval i sesongar med 1, 2 og 3 kokeri. Lineær og kvadratisk approksimasjon (polynomisk regresjon av grad 1 og 2).

Den lokalt vekta glattingskurva viser at prosentdelen av jakttida med fangst av ein eller to blåkval aukar i siste halvdel av blåkvalfangsten (Figur 8b). Dette speglast i approksimeringa med polynom (Figur 8c). Sjølv om både den lineære og kvadratiske modellen gjev ein signifikant tilpassing, så ser vi frå figuren at det er betydeleg restledd (dvs. dårleg approksimasjon) for mange år.



Figur 9b. Prosentdelen blant den årlege blåkvalfangsten av dei individa som var dei einaste som vart teke på fangstdagen i sesongane 1936 – 1963. Lokal vekta glattingskurve (loess).



Figur 9c. Prosentdelen blant den årlege blåkvalfangsten av dei individa som var dei einaste som vart teke på fangstdagen i sesongane 1936 – 1963. Lineær og kvadratisk approksimasjon (polynomisk regresjon utført av grad 1 og 2).

Den lokalt vekta glattingskurva viser at prosentdelen av enkeltindividua som utgjorde heile dagsfangsten, aukar i siste halvdel av blåkvalfangsten (Figur 9b). Dette speglast i approksimeringa med polynom (Figur 9c). Sjølv om både den lineære og kvadratiske modellen gjev ein signifikant tilpassing, så ser vi frå figuren at det er betydeleg restledd (dvs. dårleg approksimasjon) for mange år.

Appendiks 3

Skip

Dei kvalkokeria som selskapet Thor Dahl A/S hadde bestod av følgjande;

DS/Flk Ole Wegger, (tidl. damptanker frå 1914) innkjøpt av aksjeselskapet Ørnen A/S i 1928 og bygd om til kvalkokeri, T. Dahl overtok som disponent frå 1935/36 sesongen. Kapra av tyskarane i 1941 og senka i Rouen i 1944 (Lardex, 2006).

DS/Flk Solglimt, (tidl. passasjerbåt frå 1900), innkjøpt av kvalfangarselskapet A/S Atlas i 1928 og bygd om til kvalkokeri. Reiarlaget vart kjøpt opp av T. Dahl i 1930 og skipet overført året etter. Forsynings/transportskip for kvalflåten under krigen, men kapra av tyskarane i 1941. Namnet vart endra til **Sonderburg**, senka i den franske hamna Cherbourg etter eit flyåttak i 1942, heva og senka att på same staden i 1944 (Lardex, 2006).

DS/Flk Thorshammer, (tidl. oljetanker frå 1914), innkjøpt i 1928 og bygd om til kvalkokeri i 1931. Etter å ha overlevd krigen, var Thorshammer i fangst til 1962 da det vart seld til opphogging, men vart ikkje skrapa før i 1967 (Lardex, 2006)

Thorshavet, nybygd som kvalkokeri i 1947 med dieselmotor, var med i den siste fellessesongen for kvalfangst 1947/48. Seld til Astra Overseas Fishing Ltd. I 1969, pårent utanfor Portugisisk Guinea i 1974 og sakk, ein person døydde (Lardex, 2006).

Thorshøvdi, nybygd kvalkokeri i 1948 med oljefyr, kolliderte med det svenske emigrantskipet **Anna Sålen** i 1952 utan at det førekom personskade. Thorshøvdi vart seld i 1966, og etter ei karriere innanfor kvalolje avanserte skipet til mineralolje da det vart bygd om til boreskip, skrapa i 1985 (Lardex, 2006).

Kvalkokeria bestod i starten av Solglimt, Ole Wegger og Thorshammer. Ved krigsutbrotet i Noreg 9. april 1940 var desse på veg frå Rio de Janeiro til Port of Spain (Trinidad) og vart følgjande rekvirert av den norske regjering og lagt under The Norwegian Shipping and Trade Mission (Nortraship) (http://thor-dahl.lardex.net/skip/skipstekst/1928_ole.htm). I januar 1941 kapra den tyske hjelpekryssaren *Penguin*, Solglimt og Ole Wegger da dei var i Antarktis på fangst. Desse vart teke til Frankrike der dei vart senka i 1942/1944. Kapringa skjedde natt til 14. januar medan dei fleste fangstbåtane var ute på feltet, og da dei kom attende med kval til kokeriet, måtte dei også overgjeva seg. Ein av fangstbåtane til Ole Wegger fatta mistanke da dei nærma seg kokeriet om at noko var gale, og reiste i staden til Thorshammer som låg lenger unna. På turen kom dei over ein av bøyebåtane og fekk dermed varsla mannskapet her. Ein tredje fangstbåt kom seg også vekk. Da mannskapet på Thorshammer vart varsla, reiste dei saman med fangstbåtane og kom seg unna til Sør Georgia (Lardex, 2006). Mannskapet frå Ole Wegger og Solglimt vart sendt attende til Noreg i mai 1941 etter eit kortare opphald i fangeleir i Bordeaux og Bremen. Etter krigen kom Thorshammer attende til Sandefjord der mannskapet vart møtt av *Framnes Guttemusikk* og *Ja vi elsker* på kaia, seinare fekk selskapet to nye kokeri; Thorshavet i 1947 og Thorshøvdi i (Lardex, 2006). Åra 1945-48 var det fellesdrift mellom kvalfangarselskapa da berre fem norske kokeri var attende (Tønnesen, 1970). Etter krigen vart *The international Whaling comission* oppretta i

1949 (Tønnesen, 1970), for bl.a. fastsetja regler og kvoter for kvalfangst, med dato for når fangsten på dei ulike artane kunne byrja og kvota på dei. I ettertid har dette vorte kritisert som totalt urealistisk, kvotane var himmelhøge og ei innskrenking av fangsttida var på langt nær nok, særleg sidan kvalfangstselskapa svara på det med å intensivere jakta enda meir med fleire og raskare jaktbåtar (Small, 1971).

BWU – Blue Whale Unit

Blue Whale Unit var eininga som den internasjonale kvalfangsten brukte for å bestemme talet på kval dei hadde lov til å fange før dei hadde oppfylt kvota si. Den årlege summen av internasjonale kvote i Antarktis var på 16 000 BWU årleg, der 1 BWU kunne vera eit av følgjande; 1 blåkval, eller 2 finnkval, eller 2,5 knølkval, eller 6 seikval. Kva slags artar kvalfangarane oppfylte denne kvota med var opp til dei sjølve, berre det til saman vart 16 000 einingar. Sett på ein anna måte kunne den årlege fangsten bestå av 16 000 blåkval, eller 32 000 finnkval, 40 000 knølkval eller 96 000 seikval (Tønnesen, 1970). Kvalkvota skulle teoretisk sett senkast i takt med at kvalbestanden minka, men i praksis vart dei samla nasjonale kvotane større enn dette, i sesongen 1961/62 var denne t.d. på heile 17 780 BWU, før alt kollapsa og kvota i 1964/65 sesongen vart sett til teoretiske 8000 BWU (berre 6986 kval vart teke den sesongen) (Tønnesen, 1970).

Appendiks 4

Figur 4. Samvariasjon mellom fangsten til Thor Dahl A/S og totalfangsten i Sørishavet

Call:

lm(formula = catchtotal ~ catchtd, data = catchblue)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2071.53	-501.93	-49.68	534.86	1542.56

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-573.1388	301.8501	-1.899	0.0758 .
catchtd	9.6593	0.3832	25.209	2.63e-14 ***

Residual standard error: 880.1 on 16 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9754, **Adjusted R-squared:** 0.9739

F-statistic: 635.5 on 1 and 16 DF, **p-value:** 2.628e-14

Analysis of Variance Table

Response: catchtotal

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
catchtd	1	492222826	492222826	635.5	2.628e-14 ***
Residuals	16	12392762	774548		

Figur 5. Prosenten av dager med fangst på 1 eller fleire blåkval

c(a1,b1)

5854.189560 -2.974448

c(a2,b2,c2)

-3.993441e+05 4.128162e+02 -1.066627e-01

summary(linearModel)

Call:

```
lm(formula = yvC ~ xvc)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-15.372	-8.244	-2.747	8.048	18.658

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.309e-13	2.576e+00	0.000	1
xvc	-2.974e+00	3.175e-01	-9.368	6.76e-08 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.93 on 16 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8458, Adjusted R-squared: 0.8362

F-statistic: 87.77 on 1 and 16 DF, p-value: 6.756e-08

summary(quadraticModel)

Call:

```
lm(formula = yvC ~ xvc + xvc2)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-18.1326	-4.1082	0.6903	5.7760	10.5337

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	7.01900	2.82721	2.483	0.02536 *
xvc	-3.77288	0.33507	-11.260	1.03e-08 ***
xvc2	-0.10666	0.03068	-3.477	0.00338 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8.398 on 15 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9146 Adjusted R-squared: 0.9032

F-statistic: 80.34 on 2 and 15 DF, p-value: 9.663e-09

anova(linearModel, quadraticModel, cubicModel)

Analysis of Variance Table

Model 1: yvC ~ xvC

Model 2: yvC ~ xvC + xvc2

Model 3: yvC ~ xvC + xvc2 + xvc3

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	16	1910.5				
2	15	1057.9	1	852.61	11.3895	0.004534 **
3	14	1048.0	1	9.84	0.1314	0.722409

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Figur 6. Prosenten av dagar med fangst på 2 eller fleire blåkval

c(a1,b1)

5441.606923 -2.768425

c(a2,b2,c2)

-2.907653e+05 3.011817e+02 -7.797229e-02

summary(linearModel)

Call:

lm(formula = yvC ~ xvC)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-13.835	-6.557	-3.417	7.643	13.191

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.070e-13	2.139e+00	0.0	1
xvC	-2.768e+00	2.637e-01	-10.5	1.39e-08 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9.077 on 16 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8732, Adjusted R-squared: 0.8653

F-statistic: 110.2 on 1 and 16 DF, p-value: 1.392e-08

summary(quadraticModel)

Call:

```
lm(formula = yvC ~ xvc + xvc2)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-17.335	-3.634	1.206	5.450	10.332

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.13101	2.55289	2.010	0.0628 .
xvc	-3.35209	0.30256	-11.079	1.28e-08 ***
xvc2	-0.07797	0.02770	-2.815	0.0131 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.583 on 15 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.917 Adjusted R-squared: 0.906

F-statistic: 82.9 on 2 and 15 DF, p-value: 7.793e-09

anova(linearModel, quadraticModel, cubicModel)

Analysis of Variance Table

Model 1: $yvC \sim xvC$

Model 2: $yvC \sim xvC + xvC2$

Model 3: $yvC \sim xvC + xvC2 + xvC3$

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	16	1318.16				
2	15	862.54	1	455.62	7.5858	0.01552 *
3	14	840.87	1	21.67	0.3608	0.55767

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Figur 7. Prosenten av dagar med fangst på 5 eller fleire blåkval

c(a1,b1)

2505.294991 -1.277318

c(a2,b2,c2)

2.704661e+04 -2.646017e+01 6.460155e-03

summary(linearModel)

Call:

lm(formula = yvC ~ xvc)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.6380	-0.8030	0.3274	1.1916	2.3846

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9.794e-14	4.656e-01	0.00	1
xvc	-1.277e+00	5.739e-02	-22.25	1.83e-13 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.975 on 16 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9687, Adjusted R-squared: 0.9668

F-statistic: 495.3 on 1 and 16 DF, p-value: 1.831e-13

anova(linearModel, quadraticModel, cubicModel)

Analysis of Variance Table

Model 1: yvC ~ xvC

Model 2: yvC ~ xvC + xvc2

Model 3: yvC ~ xvC + xvc2 + xvc3

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	16	62.428				
2	15	59.301	1	3.1276	0.9648	0.34266
3	14	45.385	1	13.9163	4.2928	0.05722

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Figur 8. Prosenten av dagar med fangstar på 1 eller 2 blåkval

```
c(a1,b1)
-3486.979293      1.809414

c(a2,b2,c2)
3.913028e+05    -4.034187e+02    1.039835e-01
```

summary(linearModel)

Call:

```
lm(formula = yvC ~ xvc)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-20.4359	-9.0431	0.4322	7.1953	20.9098

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.667e-14	2.863e+00	0.000	1.000000
xvC	1.809e+00	3.601e-01	5.025	0.000151 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.81 on 15 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6274, Adjusted R-squared: 0.6025

F-statistic: 25.25 on 1 and 15 DF, p-value: 0.0001508

summary(quadraticModel)

Call:

```
lm(formula = yvC ~ xvC + xvC2)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-21.768	-3.623	1.380	8.418	14.845

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.57579	3.59857	-1.827	0.0890 .
xvC	2.58176	0.43690	5.909	3.81e-05 ***
xvC2	0.10398	0.04149	2.506	0.0252 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.15 on 14 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7428 Adjusted R-squared: 0.706

F-statistic: 20.21 on 2 and 14 DF, p-value: 7.454e-05

anova(linearModel, quadraticModel, cubicModel)

Analysis of Variance Table

Model 1: $yvC \sim xvC$

Model 2: $yvC \sim xvC + xvc2$

Model 3: $yvC \sim xvC + xvc2 + xvc3$

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	15	2090.6				
2	14	1443.2	1	647.36	7.7775	0.01536 *
3	13	1082.1	1	361.16	4.3390	0.05756 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

summary(segmlinje)

Call:

```
segmented.lm(obj = rettlinje, seg.Z = ~xv, psi = 1950)
```

Estimated Break-Point(s):

Est.	St.Err
1958.000	1.127

t value for the gap-variable(s) V: 0

Meaningful coefficients of the linear terms:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2096.8849	566.1173	-3.704	0.00265 **
xv	1.0947	0.2904	3.770	0.00234 **
U1.xv	8.8417	3.4789	2.542	NA

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.752 on 13 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8608, Adjusted R-squared: 0.8286

Figur 9. Prosenten av fangsten som utgjørast av dei kvalene som var dei einaste den dagen dei vart fanga.

c(a1,b1)

-1305.0844602 0.6726404

c(a2,b2,c2)

2.684530e+05 -2.761373e+02 7.101002e-02

anova(linearModel, quadraticModel, cubicModel)

Analysis of Variance Table

Model 1: yvC ~ xvC

Model 2: yvC ~ xvC + xvc2

Model 3: yvC ~ xvC + xvc2 + xvc3

	Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	16	709.90				
2	15	332.01	1	377.89	23.4870	0.000259 ***
3	14	225.25	1	106.77	6.6358	0.021979 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

summary(segmlinje)

Call:

```
segmented.lm(obj = rettlinje, seg.Z = ~xv, psi = 1950)
```

Estimated Break-Point(s) :

Est.	St.Err
1958.000	0.7592

t value for the gap-variable(s) V: 0

Meaningful coefficients of the linear terms:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-336.8276	237.0215	-1.421	0.177
xv	0.1749	0.1216	1.439	0.172
U1.xv	4.6637	1.0335	4.512	NA

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.246 on 14 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8816, Adjusted R-squared: 0.8863